ТОПЛИВА СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ

АССОРТИМЕНТ И ПРИМЕНЕНИЕ



СПРАВОЧНИК

Автор проекта В.М. Школьников
и ООО «Издательский центр «Техинформ»
Международной Академии Информатизации
выражают благодарность
Представительствам компаний:
Castrol Central and Eastern Europe GmbH,
ESSO A.G.,
Mobil Oil Lubricants,
Shell East Europe Company Ltd.
и концерну ***Neste Oyj***
за участие в создании Справочника
и предоставленную информацию о продукции,
вырабатываемой предприятиями
этих компаний.





Второе издание, переработанное и дополненное

Москва
Издательский центр «ТЕХИНФОРМ»
Международной Академии Информатизации
1999

ББК 35.514
Т581
УДК 662.75/76:621.892(031)

Авторы: И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов, Ш.К. Богданов, Т.И. Богданова, С.Б. Борщевский, В.В. Булатников, Е.М. Бушуева, К.Э. Гаитов, И.Б. Грудников, Е.Е. Довгополый, С.Ю. Дубровский, В.Е. Емельянов, Ю.Л. Ищук, И.О. Колесник, Н.И. Корох, В.В. Куцевалов, И.В. Лендьел, Т.Н. Митусова, Т.И. Назарова, Е.А. Никитина, В.Д. Резников, Л.А. Садовникова, В.В. Фрязинов, А.А. Фуфаев, А.Ф. Хурумова, Г.И. Чередниченко, Т.Н. Шабалина, С.З. Шейнина, Т.В. Шестаковская, Ю.Н. Шехтер, Б.А. Энглин

Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение:
Т 581 Справочник / И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов и др.; Под ред. В.М. Школьникова. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Издательский центр "Техинформ", 1999. – 596 с.: ил.

ISBN 5-89551-006-X

Приведены краткие сведения о важнейших физических и эксплуатационных свойствах, особенностях применения топлив, масел, пластичных смазок, смазочно-охлаждающих жидкостей и других нефтепродуктов. Показано влияние основных видов топлива и смазочных материалов на надежность и эффективность эксплуатации техники. Описаны присадки, улучшающие свойства смазочных материалов. Уделено внимание нефтепродуктам, используемым для консервации техники, для защиты ее от коррозии.

Второе издание (1-е изд. 1989 г.) переработано с учетом новых нормативных документов и расширения ассортимента нефтепродуктов.

Предназначен для специалистов, занимающихся получением и применением топлив, смазочных материалов и технических жидкостей. Полезен при подготовке кадров различной квалификации, связанных с производством и применением нефтепродуктов.

ББК 35.514

ISBN 5-89551-006-X

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Требования по повышению надежности и эффективности работы техники привели к значительному ужесточению эксплуатационных характеристик топлив и смазочных материалов. Законодательные акты по защите окружающей среды поставили задачу создания нефтепродуктов с улучшенными экологическими свойствами. В связи с этим в последние годы значительно повышено качество автомобильных бензинов, дизельных топлив, моторных, трансмиссионных, гидравлических и других масел. Этому способствовало широкое использование гидрокаталитических процессов и современных присадок, повышающих эксплуатационные и экологические свойства нефтепродуктов.

Следует подчеркнуть, что конкретным конструктивным особенностям и условиям эксплуатации техники должны соответствовать определенные по составу и свойствам топлива и смазочные материалы. Неправильный их выбор может привести к сокращению срока службы и надежности работы машин и оборудования. Таким образом, нефтепродукты, являясь эксплуатационными материалами, по влиянию на эффективность работы техники равнозначны конструкционным материалам. Поэтому знание их состава, свойств, областей применения, эксплуатационных характеристик, токсикологических и экологических особенностей необходимо как специалистам, эксплуатирующим технику, так и тем, кто занимается производством, транспортированием и хранением нефтепродуктов.

Настоящее издание справочника "Топлива, смазочные материалы, технические жидкости" предпринято в связи с тем, что в последние десять лет произошли серьезные изменения в производстве, ассортименте и качестве нефтепродуктов. Появилось большое количество новых производителей топлив и смазочных материалов — малых предприятий и акционерных обществ, резко расширился ассортимент нефтепродуктов, вырабатываемых по различным техническим условиям. На российском нефтяном рынке работают ведущие зарубежные нефтяные компании.

Все это привело к насыщению рынка большим количеством нефтепродуктов самого различного качества, и, чтобы потребитель мог

правильно ориентироваться в "нефтяном море" предложений, ему необходима определенная систематизированная информация. Предоставить такую информацию и призван настоящий справочник.

Авторы ставили задачу охарактеризовать, в первую очередь, ассортимент и свойства топлив, смазочных материалов и технических жидкостей, производимых отечественной нефтеперерабатывающей промышленностью. Сведения по российским и зарубежным классификациям нефтепродуктов помогут потребителям определить область применения импортируемых топлив, смазочных материалов и технических жидкостей, а также решать задачи экспорта в дальнее и ближнее зарубежье. Учитывая все возрастающий объем продаж нефтяных и синтетических базовых масел, как товарной продукции, определенное место в справочнике авторы отвели изложению их свойств и описанию ассортимента.

Вся нормативно-техническая документация, приводимая в издании, уточнена по состоянию на 01.10.98 г.

Справочник следует рассматривать как руководство по выбору и применению нефтепродуктов. При официальном рассмотрении вопросов качества нефтепродуктов или методов их испытаний следует обращаться к изданиям Госстандарта РФ.

Авторы надеются, что издание справочника будет способствовать техническому прогрессу в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства, повышению технико-экономических показателей эксплуатации транспортных средств и промышленного оборудования.

АВТОРЫ ВЫРАЖАЮТ ИСКРЕННЮЮ БЛАГОДАРНОСТЬ

предприятиям и организациям

ЗАО «Авиатехмас»; ОАО «Ангарская нефтехимическая компания»;
АООТ «ВНИИНЕФТЕХИМ»; АТ «ГАЛОЛ»;
ОАО «Завод им. Шаумяна»; ИФХ РАН;
ООО «ЛУКойл-Волгограднефтепереработка»;
ООО «ЛУКойл-Пермнефтеоргсинтез»; АО МОПЗ «Нефтепродукт»;
ОАО «Московский НМЗ»; ПО «НАФТАН»;
ОАО «Новокуйбышевский НПЗ»; ОАО «Ново-Уфимский НПЗ»;
АО «НОРСИ»; АООТ «ОРГСТЕКЛО»; АО «Омский НПЗ»;
ОАО «Оренбургский НМЗ»; ОАО «Орскнефтеоргсинтез»;
АО «Пермский завод смазок и СОЖ»; ОАО «Рязанский НПЗ»;
ОАО «СвНИИНП»; ОАО «Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез»;
ОАО «Славнефть-Ярославский НПЗ им. Д.И. Менделеева (Русойл)»;
АО ПГ «Спектр-Авто»; АО «Уфанефтехим»;
ГПО «Узнефтепереработка»,

специалистам

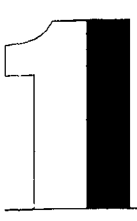
А.И. Алцыбеевой, Ю.И. Кузнецову

ЗА ЛЮБЕЗНО ПРЕДОСТАВЛЕННУЮ ИНФОРМАЦИЮ, ПОЗВОЛИВШУЮ В ПОЛНОЙ МЕРЕ ОТРАЗИТЬ В СПРАВОЧНИКЕ СОСТОЯНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВ, СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ.

АВТОРЫ ПРИЗНАТЕЛЬНЫ СПЕЦИАЛИСТАМ

М.Б. Бакалейникову, Л.В. Белоскурской, П.П. Гару,
Т.И. Ермаковой, С.А. Конаковой, Н.А. Литвиновой, О.Н. Цветкову

ЗА ПОМОЩЬ, ОКАЗАННУЮ В ПОДГОТОВКЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СПРАВОЧНИКА.



1 НЕФТЯНЫЕ ТОПЛИВА

Автомобильные и авиационные бензины

Бензины предназначены для применения в поршневых двигателях внутреннего сгорания с принудительным воспламенением (от искры). В зависимости от назначения их разделяют на автомобильные и авиационные.

Несмотря на различия в условиях применения автомобильные и авиационные бензины характеризуются в основном общими показателями качества, определяющими их физико-химические и эксплуатационные свойства.

Современные автомобильные и авиационные бензины должны удовлетворять ряду требований, обеспечивающих экономичную и надежную работу двигателя, и требованиям эксплуатации:

иметь хорошую испаряемость, позволяющую получить однородную топливовоздушную смесь оптимального состава при любых температурах;

иметь групповой углеводородный состав, обеспечивающий устойчивый, бездетонационный процесс сгорания на всех режимах работы двигателя;

не изменять своего состава и свойств при длительном хранении и не оказывать вредного влияния на детали топливной системы, резервуары, резинотехнические изделия и др.

В последние годы экологические свойства топлива выдвигаются на первый план.

Свойства

Испаряемость. Для обеспечения полного сгорания топлива в двигателе необходимо перевести его в короткий промежуток времени

из жидкого состояния в парообразное и смешать с воздухом в определенном соотношении, т. е. создать рабочую смесь. В зависимости от конструкции двигателя возможны два способа образования рабочей смеси. При *первом способе* в карбюраторе происходит частичное испарение бензина и образование горючей смеси, затем паровоздушный поток распределяется по цилиндрам. Вследствие неполного испарения бензина часть капель из паровоздушного потока оседает в виде жидкой пленки на стенках впускного трубопровода. Из-за разности в скоростях движения паров и жидкой пленки в цилиндры поступает горючая смесь, неоднородная по качеству и составу. При *втором способе* бензин впрыскивается с помощью форсунок непосредственно в камеру сгорания или во впускной трубопровод.

Система подготовки горючей смеси с помощью карбюратора отличается относительной простотой и надежностью и используется практически во всех отечественных автомобилях, однако в этом случае предъявляются более жесткие требования к испаряемости бензина. Непосредственный впрыск бензина с помощью форсунок используется во всех современных автомобильных и авиационных двигателях, в том числе и отечественных. В двигателях, оборудованных системой электронного впрыска топлива, обеспечивается более равномерное распределение топлива по цилиндрам, и вследствие этого они обладают рядом преимуществ по сравнению с карбюраторными по топливной экономичности, динамичности, токсичности отработавших газов.

К физико-химическим показателям, от которых зависит испаряемость бензинов, относят давление насыщенных паров, фракционный состав, скрытую теплоту испарения, коэффициент диффузии паров, вязкость, поверхностное натяжение, теплоемкость, плотность. Из перечисленных показателей важнейшими, определяющими испаряемость бензинов, являются давление насыщенных паров и фракционный состав. По вязкости, поверхностному натяжению, скрытой теплоте испарения, коэффициенту диффузии паров, теплоемкости бензины разного состава сравнительно мало различаются между собой, и эти различия нивелируются конструктивными особенностями двигателей. Давление насыщенных паров и фракционный состав являются функциями состава бензина, и эти показатели могут существенно различаться для разных бензинов. Эти два параметра определяют пусковые свойства бензинов, их склонность к образованию паровых пробок, физическую стабильность. Давление насыщенных паров зависит

от температуры и от соотношения паровой и жидкой фаз и уменьшается с уменьшением температуры и увеличением отношения паровой фазы к жидкой. В лабораторных условиях давление насыщенных паров определяют при температуре 37,8 °С и соотношении паровой и жидкой фаз (3,8–4,2):1 в «Бомбе Рейда» (ГОСТ 1756–52) или аппарате с механическим диспергированием типа «Вихрь» (ГОСТ 28781–90).

Фракционный состав бензинов определяют перегонкой на специальном приборе, при этом отмечают температуру начала перегонки, температуру выпаривания 10, 50, 90 % и конца кипения (97,5 % для авиабензинов), или объем выпаривания при 70, 100 и 180 °С.

Требования к фракционному составу и давлению насыщенных паров бензинов определяются конструкцией автомобильного двигателя и климатическими условиями его эксплуатации. С одной стороны, необходимо обеспечить запуск двигателя при низких температурах, с другой стороны — предотвратить нарушения в работе двигателя, связанные с образованием паровых пробок при высоких температурах. Пусковые свойства бензина зависят от содержания в нем легких фракций, которое может быть определено по давлению насыщенных паров и температуре перегонки 10 % или объему легких фракций, выкипающих при температуре до 70 °С. Чем ниже температура окружающего воздуха, тем больше легких фракций требуется для запуска двигателя. Существует эмпирическая формула, позволяющая связать предельную температуру запуска двигателя с температурой выкипания 10 % бензина: $t_в = t_{10}/2 - 50,5$, где $t_в$ — предельная температура запуска, °С, t_{10} — температура выкипания 10 % бензина, °С.

Пусковые свойства бензинов ухудшаются с понижением давления их насыщенных паров, причем при давлении 34 кПа концентрация паров бензина в рабочей зоне настолько мала, что запуск двигателя становится невозможным. Поэтому ГОСТ Р 51105–97 на автобензины предусматривает ограничение не только верхнего, но и нижнего уровня давления насыщенных паров. Присутствие бутанов в составе бензинов также положительно влияет на его пусковые свойства. Однако чрезмерное содержание низкокипящих фракций в составе бензинов может вызвать неполадки в работе прогретого двигателя, связанные с образованием паровых пробок в системе топливоподачи. Причиной образования паровых пробок в автомобильном двигателе является интенсивное испарение топлива вследствие его перегрева. В условиях жаркого климата это явление может иметь массовый характер. В авиационных двигателях

причиной образования паровой пробки служит снижение атмосферного давления при подъеме самолета. Образование паровых пробок зависит от испаряемости бензина, температуры и конструкции двигателя. Чем выше давление насыщенных паров бензина, ниже температуры начала кипения и перегонки 10 % и больше объем фракции, выкипающей при температуре до 70 °С, тем больше его склонность к образованию паровых пробок. Эта зависимость носит линейный характер и определяется следующим образом: ИПП = 10 ДНП + $7V_{70}$, где ИПП — индекс паровой пробки; ДНП — давление насыщенных паров бензина, кПа; V_{70} — объем бензина, выкипающего при температуре до 70 °С. Склонность бензина к образованию паровых пробок можно оценить по предельной температуре его нагрева, при которой соотношение паровой и жидкой фаз равно 20. Именно возможность образования паровых пробок является причиной ограничения верхнего уровня давления насыщенных паров (особенно для авиационных бензинов), которое не должно превышать 48 кПа.

От содержания в бензине легкокипящих фракций зависит его физическая стабильность, т.е. склонность к потерям от испарения. Наибольшие потери от испарения имеют бензины, содержащие в своем составе низкокипящие углеводороды: бутаны, изопентан.

Высокая испаряемость бензина может иногда стать причиной обледенения карбюратора. Испарение бензина в карбюраторе сопровождается понижением температуры его деталей. В условиях высокой влажности при температуре воздуха около 4 °С происходит вымерзание влаги из окружающего воздуха, которое вызывает обледенение карбюратора.

Снижая испаряемость бензина, можно предотвратить обледенение карбюратора, однако это ухудшает пусковые свойства бензинов. Поэтому в бензин вводят специальные антиобледенительные присадки или осуществляют конструктивные меры.

От фракционного состава зависят такие показатели как скорость прогрева двигателя, его приемистость, износ цилиндро-поршневой группы. Наиболее существенное влияние на скорость прогрева двигателя, его приемистость оказывает температура перегонки 50 % бензина. Температура выкипания 90 % бензина также влияет на эти характеристики, но в меньшей степени. Скорость прогрева двигателя, его приемистость зависят и от температуры окружающего воздуха. Чем ниже температура воздуха, тем ниже должна быть температура перегонки

50 % бензина для обеспечения быстрого прогрева и хорошей приемистости двигателя. При понижении температуры это влияние усиливается. Поэтому нормы на этот показатель также зависят от температурных условий эксплуатации и различаются по сезону и климатическим зонам.

Для нормальной работы двигателя большое значение имеет полнота испарения топлива, которая характеризуется температурой перегонки 90 % бензина и температурой конца кипения. При неполном испарении бензина во впускной системе часть его может поступать в камеру сгорания в жидком виде, смывая масло со стенок цилиндров. Жидкая пленка через зазоры поршневых колец может проникать в картер, при этом происходит разжижение масла. Это приводит к повышенным износам и отрицательно влияет на мощность и экономичность работы двигателя. Снижение температуры конца кипения бензинов может повысить их эксплуатационные свойства, однако это снижает ресурс бензинов.

Применение в современных автомобилях систем непосредственного впрыска бензина с электронным управлением позволяет достаточно эффективно использовать бензины с повышенной температурой конца кипения. С учетом широкого распространения таких автомобилей ГОСТ Р 51105–97 установлена норма на температуру конца кипения автомобильных бензинов 215 °С.

Как было указано выше, требования к испаряемости автомобильных бензинов в значительной мере зависят от температурных условий их применения. С учетом климатических особенностей нашей страны автомобильные бензины по фракционному составу и давлению насыщенных паров подразделяют на два вида: зимний и летний. По показателям испаряемости ГОСТ Р 51105–97 предусматривает пять классов бензинов. Требования к фракционному составу и давлению насыщенных паров определены в зависимости от сезона и климатического района применения. Такая классификация в большей степени удовлетворяет требованиям эксплуатации двигателей в разных климатических условиях и будет способствовать более экономичному и рациональному использованию топлив.

Детонационная стойкость. Этот показатель характеризует способность автомобильных и авиационных бензинов противостоять самовоспламенению при сжатии. Высокая детонационная стойкость топлив обеспечивает их нормальное сгорание на всех режимах эксплуатации двигателя. Процесс горения топлива в двигателе носит радикальный

1890

характер. При сжатии рабочей смеси температура и давление повышаются и начинается окисление углеводородов, которое интенсифицируется после воспламенения смеси. Если углеводороды несгоревшей части топлива обладают недостаточной стойкостью к окислению, начинается интенсивное накапливание перекисных соединений, а затем их взрывной распад. При высокой концентрации перекисных соединений происходит тепловой взрыв, который вызывает самовоспламенение топлива. Самовоспламенение части рабочей смеси перед фронтом пламени приводит к взрывному горению оставшейся части топлива, к так называемому детонационному сгоранию. Детонация вызывает перегрев, повышенный износ или даже местные разрушения двигателя и сопровождается резким характерным звуком, падением мощности, увеличением дымности выхлопа. На возникновение детонации оказывает влияние состав применяемого бензина и конструктивные особенности двигателя.

Показателем детонационной стойкости автомобильных и авиационных бензинов является *октановое число,* показывающее содержание изооктана (в % объемных) в смеси с н-гептаном, которая по детонационной стойкости эквивалентна топливу, испытуемому в стандартных условиях. В лабораторных условиях октановое число автомобильных и авиационных бензинов и их компонентов определяют на одноцилиндровых моторных установках УИТ-85 или УИТ-65. Склонность исследуемого топлива к детонации оценивается сравнением его с эталонным топливом, детонационная стойкость которого известна. Октановое число на установках определяется двумя методами: моторным (по ГОСТ 511–82) и исследовательским (по ГОСТ 8226–82).

Методы отличаются условиями проведения испытаний. Испытания по моторному методу проводят при более напряженном режиме работы одноцилиндровой установки, чем по исследовательскому. Поэтому октановое число, определенное моторным методом, обычно ниже октанового числа, определенного исследовательским методом. Октановое число, полученное моторным методом в большей степени характеризует детонационную стойкость топлива при эксплуатации автомобиля в условиях повышенного теплового форсированного режима, октановое число, полученное исследовательским методом, больше характеризует бензин при работе на частичных нагрузках в условиях городской езды. Разницу между октановыми числами бензина, определенными двумя методами, называют *чувствительностью бензина.* Наибольшей

чувствительностью (9-12 ед.) отличаются бензины каталитического крекинга и каталитического риформинга, содержащие непредельные и ароматические углеводороды. Менее чувствительны (1-2 ед.) к режиму работы двигателя алкилбензин и прямогонные бензины, состоящие из парафиновых и изопарафиновых углеводородов. Для авиационных бензинов нормируется октановое число, определенное только моторным методом, для автомобильных бензинов, за исключением А-76, определяются и нормируются октановые числа, определенные двумя методами.

Важным показателем детонационной стойкости авиационных бензинов является *сортность* на богатой смеси, которую определяют при испытании на стандартной одноцилиндровой моторной установке ИТ9-1 (ГОСТ 3338–68). Сортность топлива численно равна сортности такого эталонного топлива, которое при испытании на одноцилиндровом двигателе в стандартных условиях на режиме начальной детонации имеет одинаковое с испытуемым топливом значение среднего индикаторного давления. Чем выше сортность топлива, тем выше его детонационная стойкость на богатой смеси в условиях работы авиационного двигателя. При маркировке авиационных бензинов в числителе дроби указывается октановое число по моторному методу, а в знаменателе — сортность на богатой смеси.

Требования к детонационной стойкости бензинов зависят от конструктивных особенностей двигателя, определяющими среди которых являются степень сжатия и диаметр цилиндра. Так как увеличение степени сжатия позволяет повысить эксплуатационные показатели и экономичность работы двигателя, оно является определяющим в развитии автомобилестроения. Таким образом, прогресс в автомобилестроении приводит к постоянному повышению требований к детонационной стойкости применяемых бензинов.

Детонационная стойкость автомобильных и авиационных бензинов определяется их углеводородным составом. Наибольшей детонационной стойкостью обладают ароматические углеводороды. Самая низкая детонационная стойкость у парафиновых углеводородов нормального строения, причем она уменьшается с увеличением их молекулярной массы. Изопарафины и олефиновые углеводороды обладают более высокими антидетонационными свойствами по сравнению с нормальными парафинами. Увеличение степени разветвленности и снижение молекулярной массы повышает их детонационную стойкость. По детонационной стойкости нафтены превосходят парафиновые углеводороды,

но уступают ароматическим углеводородам. Наибольшую чувствительность — разность между октановыми числами по исследовательскому и моторному методам — имеют олефиновые углеводороды. Чувствительность ароматических углеводородов несколько ниже. Для парафиновых углеводородов эта разница очень мала, а высокомолекулярные низкооктановые парафиновые углеводороды имеют отрицательную чувствительность.

Антидетонационные свойства бензинов, получаемых различными технологическими процессами, определяются входящими в их состав углеводородами. Самую низкую детонационную стойкость имеют бензины прямой перегонки, состоящие, в основном, из парафиновых углеводородов нормального строения, причем она снижается с повышением температуры конца кипения. Октановые числа, определяемые по моторному методу, прямогонных фракций, выкипающих до 180 °С, обычно составляют 40—50 ед. Детонационная стойкость фракций с температурой начала кипения 85 °С несколько выше — 65—70 ед. Исключение составляют прямогонные бензины, получаемые из нефтей нафтенового основания (сахалинские, азербайджанские и др.), их октановые числа достигают 71—73 ед. Однако ресурсы этих нефтей весьма ограничены.

Для повышения октановых чисел прямогонных бензинов их подвергают каталитическому риформингу.

Октановые числа бензинов каталитического риформинга зависят от жесткости режима процесса. При жестком режиме они достигают ОЧИ = 95÷99 (исследовательский метод) и ОЧМ = 86÷90 (моторный метод), при мягком режиме соответственно 83—85 и 74—79.

Бензины термических процессов (крекинга, коксования) содержат до 60 % олефиновых углеводородов и по детонационной стойкости превосходят прямогонные бензины: ОЧИ = 68÷75, ОЧМ = 62÷69. Бензины каталитического крекинга помимо олефиновых углеводородов содержат ароматические и изопарафиновые углеводороды. Их детонационная стойкость выше, чем бензинов, получаемых термическими процессами.

Для повышения октановых чисел товарных бензинов используют также специальные антидетонационные присадки и высокооктановые компоненты.

С точки зрения эксплуатационных свойств получаемых бензинов технологический путь является более предпочтительным. Для

строительства новых технологических установок с целью получения высокооктановых бензинов и компонентов требуются значительные капитальные затраты. Учитывая постоянно возрастающие требования к уровню детонационной стойкости товарных бензинов, размеры необходимых вложений также увеличиваются.

Самым дешевым и до недавнего времени наиболее распространенным способом повышения детонационной стойкости товарных бензинов было добавление к ним алкилсвинцовых антидетонаторов, в частности тетраэтил- или тетраметилсвинца в виде этиловой жидкости. Бензины, в которые добавлена этиловая жидкость, называют этилированными. Во все авиационные бензины для достижения требуемого уровня детонационной стойкости добавляется этиловая жидкость. При высоких температурах в камере сгорания тетраалкилсвинец разлагается с образованием алкильных радикалов и свинца, который далее окисляется с образованием диоксида свинца. Последний вступает в реакцию с гидроперекисями, разрушая их с образованием малоактивных продуктов окисления и оксида свинца:

$$RCH_2OOH + PbO_2 \rightarrow RCOH + PbO + H_2O + 0{,}5O_2.$$

Оксид свинца подвергается окислению с образованием активного диоксида свинца, который вновь вступает в реакцию с гидроперекисями, прерывая радикальный процесс окисления и тем самым предотвращая детонацию.

Тетраэтилсвинец (ТЭС) более распространен, чем тетраметилсвинец. Последний более эффективен при применении в высокоароматизированных, высокооктановых бензинах, но не может использоваться при производстве авиационных бензинов, так как не обеспечивает необходимый уровень сортности на богатой смеси. В России производится только тетраэтилсвинец.

Алкилсвинцовые антидетонаторы в разной степени повышают октановые числа различных углеводородов. Способность бензинов к повышению детонационной стойкости при добавлении антидетонаторов называют *приемистостью.* Наибольшую приемистость к тетраэтилсвинцу имеют парафиновые углеводороды и содержащие их прямогонные бензины и алкилбензин. Меньшей приемистостью к ТЭС обладают ароматические и олефиновые углеводороды и содержащие их бензины каталитического риформинга и крекинга. Нафтеновые углеводороды занимают промежуточное положение. Приемистость к ТЭС для различных

бензинов снижается при увеличении содержания в них сернистых соединений, особенно меркаптанов и дисульфидов.

При работе двигателя на этилированном бензине в камере сгорания образуется оксид свинца, имеющий высокую температуру плавления (880 °С). Накопление оксида свинца на электродах свечей зажигания, днищах поршней и стенках камеры сгорания отрицательно влияет на работу двигателя, значительно сокращая его ресурс. Для предотвращения отложения оксида свинца в камере сгорания ТЭС применяют в виде этиловой жидкости, в состав которой входят органические соединения брома (бромэтан или дибромпропан). Эти соединения при взаимодействии в камере сгорания с оксидом свинца образуют бромид свинца, имеющий более низкую температуру плавления, который выносится из камеры сгорания вместе с отработавшими газами. В зависимости от применяемого выносителя этиловая жидкость вырабатывается двух марок: Р-9 с бромистым этилом и П-2 с дибромпропаном. Алкилсвинцовые антидетонаторы так же, как и продукты их сгорания, высоко токсичны, поэтому примерно с 1970 г. четко наметилась тенденция к отказу от их применения при производстве автомобильных бензинов. В ряде стран применение этилированных бензинов запрещено законом. Помимо высокой токсичности применение этилированных бензинов препятствует широкому использованию на автомобилях катализаторов дожига отработавших газов, так как продукты сгорания свинца отравляют катализатор.

В качестве альтернативы алкилсвинцовым антидетонаторам для повышения детонационной стойкости автомобильных бензинов в России допущены и используются при производстве бензинов органические соединения марганца, железа, ароматические амины. Широкое распространение в России и за рубежом при производстве высокооктановых бензинов получил метил-третбутиловый эфир (МТБЭ). МТБЭ имеет октановые числа смешения: 115—135 по исследовательскому методу и 98—110 по моторному.

Теплота сгорания. Этот показатель во многом определяет мощностные и экономические показатели работы двигателя. Он особенно важен для авиационных бензинов, так как оказывает влияние на удельный расход топлива и на дальность полета самолета. Чем выше теплота сгорания, тем меньше удельный расход топлива и больше дальность полета самолета при одном и том же объеме топливных баков. Для авиационных бензинов регламентируется низшая теплота сгорания.

Теплота сгорания зависит от углеводородного состава бензинов, а для различных углеводородов она, в свою очередь, определяется соотношением углерод : водород. Чем выше это соотношение, тем ниже теплота сгорания. Наибольшей теплотой сгорания обладают парафиновые углеводороды и соответственно бензины прямой перегонки и алкилбензин, наименьшей — ароматические углеводороды и содержащие их бензины каталитического риформинга.

Теплота сгорания экспериментально определяется калориметрически.

Химическая стабильность. Этот показатель характеризует способность бензина сохранять свои свойства и состав при длительном хранении, перекачках, транспортировании или при нагревании впускной системы двигателя. Химические изменения в бензине, происходящие в условиях транспортирования или хранения, связаны с окислением входящих в его состав углеводородов. Следовательно, химическая стабильность бензинов определяется скоростью реакций окисления, которая зависит от условий процесса и строения окисляемых углеводородов.

При окислении бензинов происходит накопление в них смолистых веществ, образующихся в результате окислительной полимеризации и конденсации продуктов окисления. На начальных стадиях окисления содержание в бензине смолистых веществ невелико, и они полностью растворимы в нем. По мере углубления процесса окисления количество смолистых веществ увеличивается, и снижается их растворимость в бензине. Накопление в бензинах продуктов окисления резко ухудшает их эксплуатационные свойства. Смолистые вещества могут выпадать из топлива, образуя отложения в резервуарах, трубопроводах и др. Окисление нестабильных бензинов при нагревании во впускной системе двигателя приводит к образованию отложений на ее элементах, а также увеличивает склонность к нагарообразованию на клапанах, в камере сгорания и на свечах зажигания.

Окисление топлив представляет собой сложный, многостадийный свободнорадикальный процесс, происходящий в присутствии кислорода воздуха. Скорость реакции окисления углеводородов резко возрастает с повышением температуры. Контакт с металлом оказывает каталитическое воздействие на процесс окисления. Низкую химическую стабильность имеют олефиновые углеводороды, особенно диолефины с сопряженными двойными связями. Высокой реакционной способностью обладают

также ароматические углеводороды с двойной связью в боковой цепи. Наиболее устойчивы к окислению парафиновые углеводороды нормального строения и ароматические углеводороды. Причем реакционноспособные олефиновые или алкенароматические углеводороды могут инициировать процесс окисления химически стабильных углеводородов. Химическая стабильность автомобильных бензинов определяется в основном их углеводородным составом.

Содержащиеся в бензинах неуглеводородные компоненты также влияют на их химическую стабильность. Наибольшей склонностью к окислению обладают бензины термического крекинга, коксования, пиролиза, каталитического крекинга, которые в значительных количествах содержат олефиновые и диолефиновые углеводороды. Бензины каталитического риформинга, прямогонные бензины, алкилбензин химически стабильны.

Химическую стабильность товарных бензинов и их компонентов оценивают стандартными методами путем ускоренного окисления при температуре 100 °С и давлении кислорода по ГОСТ 4039—88. Этим методом определяют индукционный период, т.е. время от начала испытания до начала процесса окисления бензина. Чем выше индукционный период, тем выше стойкость бензина к окислению при длительном хранении. По индукционным периодам бензины различных технологических процессов существенно различаются. Индукционные периоды бензинов термического крекинга составляют 50—250 мин; каталитического крекинга — 240—1000 мин; прямой перегонки — более 1200 мин; каталитического риформинга — более 1500 мин.

Установлено, что бензины, характеризующиеся индукционным периодом не менее 900 мин, могут сохранять свои свойства в течение гарантийного срока хранения (5 лет). Так как не все бензины предназначены для длительного хранения, в нормативно-технической документации нормы на индукционный период установлены от 360 до 1200 мин.

Склонность бензинов к окислению в двигателе в большей степени характеризует показатель *«сумма продуктов окисления»*, определяемый окислением бензина в герметичной бомбе при 110 °С в течение 6 ч (ГОСТ 22054—76). Этот метод используется в основном для исследовательских целей и при квалификационных испытаниях.

Химическая стабильность бензинов в определенной степени может быть охарактеризована *йодным числом*, которое является показателем наличия в бензине непредельных углеводородов. Йодное число нормируется для авиационных бензинов, так как вовлечение в их состав нестабильных бензинов недопустимо.

Химическая стабильность этилированных бензинов зависит также от содержания в них этиловой жидкости, так как тетраэтилсвинец при хранении подвергается окислению с образованием нерастворимого осадка. Авиационные бензины практически не содержат непредельных углеводородов, но содержание в них тетраэтилсвинца значительно выше, чем в автомобильных бензинах. Поэтому их химическая стабильность характеризуется *периодом стабильности* (ГОСТ 6667—75) и определяется в основном наличием тетраэтилсвинца.

Для обеспечения требуемого уровня химической стабильности в автомобильные бензины, содержащие нестабильные компоненты, разрешается добавлять антиокислительные присадки Агидол-1 или Агидол-12. В авиационные бензины введение антиокислителя обязательно для стабилизации ТЭС.

Склонность к образованию отложений и нагарообразованию. Применение автомобильных бензинов, особенно этилированных, сопровождается образованием отложений во впускной системе двигателя, в топливном баке, на впускных клапанах и поршневых кольцах, а также нагара в камере сгорания. Наиболее интенсивное образование отложений происходит на деталях карбюратора: на дроссельной заслонке и вблизи нее, в воздушном жиклере и жиклере холостого хода. Образование отложений на указанных деталях приводит к нарушению регулировки карбюратора, уменьшению мощности и ухудшению экономичности работы двигателя, увеличению токсичности отработавших газов. Образование отложений в топливной системе частично зависит от содержания в бензинах смолистых веществ, нестабильных углеводородов, неуглеводородных примесей, от фракционного и группового состава, которые определяют «моющие свойства» бензина. Однако в большей степени этот процесс определяется конструктивными особенностями двигателя. Так, введение принудительной системы вентиляции картера резко увеличило образование отложений в карбюраторе, в основном вследствие содержания в картерных газах капель масла, продуктов неполного сгорания бензина и др. Использование двигателей с непосредственным впрыском бензина привело к повышенному образованию отложений на впускных клапанах (в местах расположения форсунок).

На образование нагара в камере сгорания также оказывает влияние конструкция двигателя и состав бензина. Установлено, что повышенному нагарообразованию способствует высокое содержание в бензинах олефиновых и ароматических углеводородов, особенно высококипящих. Содержание ароматических и олефиновых углеводородов в товарных бензинах ограничивается соответственно 55 и 25 % (об.).

Склонность бензинов к образованию отложений во впускной системе определяется только при проведении квалификационных испытаний междуведомственным лабораторно-моторным методом.

Наиболее эффективным способом борьбы с образованием отложений во впускной системе двигателя является применение специальных моющих или многофункциональных присадок. Такие присадки широко применяют за рубежом. В России также разработаны и допущены к применению присадки аналогичного назначения.

Эксплуатационные требования. Автомобильные и авиационные бензины должны быть химически нейтральными и не вызывать коррозию металлов и емкостей, а продукты их сгорания — коррозию деталей двигателя. Коррозионная активность бензинов и продуктов их сгорания зависит от содержания общей и меркаптановой серы, кислотности, содержания водорастворимых кислот и щелочей, присутствия воды. Эти показатели нормируются в нормативно-технической документации на бензины. Бензин должен выдерживать испытание на медной пластинке. При квалификационных испытаниях автомобильных и авиационных бензинов определяется также их коррозионная активность в условиях конденсации воды по ГОСТ 18597—73.

Эффективным средством защиты от коррозии топливной аппаратуры является добавление в бензины специальных антикоррозионных или многофункциональных присадок.

Независимо от компонентного состава бензины, не содержащие спиртов и эфиров, имеют высокие низкотемпературные свойства. Введение в состав бензинов спиртов и эфиров снижает их температуру помутнения. В нормативно-технической документации на авиационные бензины нормируется температура начала кристаллизации. Топливо не должно образовывать кристаллов льда, которые забивают топливный фильтр при полетах в условиях низких температур, поэтому температура начала кристаллизации авиабензинов должна быть ниже -60 °С.

Экологические требования. Бурный рост автомобильного транспорта в развитых странах, где плотность автомобилей достигла

10—20 ед. на 1 кв. км, привел к сильному загрязнению окружающей среды и, в первую очередь, воздушного бассейна вредными выбросами отработавших газов. Огромное количество загрязняющих веществ, образующихся при сжигании автомобильных бензинов, обусловливает тот факт, что среди всех требований, предъявляемых к бензинам, на первое место выдвигаются экологические.

Загрязнение окружающей среды, связанное с применением бензинов, может происходить на этапах транспортирования, заправки и др. (испарение, утечки и пр.). Однако основным источником загрязнения являются отработавшие газы. В их составе содержится более 300 соединений, наносящих вред окружающей среде и здоровью человека.

Среди экологических показателей бензинов важнейшим является содержание в них соединений свинца. Это связано не только с высокой токсичностью этилированных бензинов и продуктов их сгорания, но и с возможностью применения каталитических систем нейтрализации отработавших газов, так как продукты сгорания свинца отравляют катализатор. Поэтому одной из первоочередных экологических задач в области производства бензинов является сокращение или полный отказ от применения этиловой жидкости. В США и ряде европейских стран применение этилированных бензинов запрещено законом. Переход на производство и применение неэтилированных бензинов позволит не только снизить выбросы в атмосферу высокотоксичных соединений свинца, но и даст возможность оборудовать автомобили каталитическими системами нейтрализации отработавших газов и до минимума сократить токсичность последних. В России также приняты и осуществляются программы, направленные на решение экологических проблем. По относительному объему производства и потребления неэтилированных автобензинов Россия в настоящее время находится на уровне развитых европейских стран. За последние пять лет его выработка увеличилась втрое и в 1997 г. составила 70 % общего объема. Максимальная норма на содержание свинца в автомобильных бензинах снижена с 0,37 до 0,15 г/дм^3.

Среди продуктов сгорания неэтилированных бензинов наибольшую опасность представляют оксид и диоксид углерода, оксиды азота, оксиды серы, углеводороды и твердые частицы.

Токсичность неэтилированных бензинов и продуктов их сгорания в основном определяется содержанием в них ароматических углеводородов, особенно бензола, олефиновых углеводородов и серы. Ароматические углеводороды более токсичны по сравнению с парафиновыми

углеводородами. Если парафины в соответствии с ГОСТ 12.1.005–88 относятся к 4-му классу опасности, то бензол относится ко 2-му классу, а толуол — к 3-му. При их сгорании образуются полициклические ароматические углеводороды (бензпирены), обладающие канцерогенными свойствами. Чем выше содержание ароматических углеводородов в бензине, тем выше температура его сгорания и содержание оксилов азота в отработавших газах. Несгоревшие углеводороды, содержащиеся в отработавших газах, в воздушной среле под воздействием различных факторов (повышенная влажность, солнечный свет и пр.) способствуют образованию стойких аэрозолей, получивших название «смог». Наибольшей фотохимической активностью обладают продукты сгорания олефиновых и ароматических углеводородов. Высокое содержание серы в бензине увеличивает выбросы оксидов серы, которые губительно действуют на здоровье человека, животный и растительный мир, конструкционные материалы. При использовании бензинов с кислородсодержащими добавками содержание токсичных продуктов в отработавших газах несколько снижается.

Запрет на применение свинцовых антидетонаторов в бензинах можно считать первым шагом в изменении экологических свойств бензинов, вторым шагом является переход к использованию так называемых реформулированных бензинов, связанный с принятием в США в 1990 г. поправок к закону о чистом воздухе. Для реформулированного бензина предусматривается введение ограничений и ужесточение требований по целому ряду показателей: давление насыщенных паров, фракционный состав, содержание ароматических углеводородов, бензола, олефинов, серы, предусматривается обязательное добавление кислородсодержащих соединений (не менее 1,8 % по кислороду) и моющих присадок. С 1 января 1995 г. в девяти городах США (Нью-Йорк, Чикаго, Хьюстон и др.) потребляется только реформулированный бензин. Требования Калифорнийского Совета по охране воздушного бассейна (CARB) к качеству реформулированного бензина, предусмотренные сверх федеральных норм, приведены в табл. 1.1. Переход к реформулированному бензину разбит на два этапа (первый этап действует с 1990 г.).

В России также приняты и осуществляются программы, направленные на решение экологических проблем. ГОСТ Р 51105–97 «Бензины для автомобильного транспорта» предусматривает доведение требований к отечественным автобензинам до уровня европейских норм (EN 228).

1.1. Спецификации на бензин в соответствии с CARB и требоввния федеральных нормвтивных актов к реформулированному бензину

Пврвметры	Этап 1	Федеральные требоввния к реформулированному бензину	Среднее знвчение
Давление насыщенных паров, МПа	0,05	0,05	0,05*
Массовая доля:			
кислорода, %, не менее	0	2*	1,8*
серы, ppm, не более	150	150**	30**
Объемная доля, %:			
ароматических углеводородов, не более	32	25	22*
олефинов, не более	9,9	9,9	4*
бензола	1,8	0,95 (ср.)*	0.8*
Температура выкипания бензина, °С, не выше:			
50 %	-	100	100
90 %	165	165	143,3

* Регулируемый параметр топлива.

** Уровень серы в Калифорнии. Среднее содержание серы по стране 339 ppm.

Ужесточена норма на содержание в бензинах общей серы — до 0,05 %; введена норма на содержание бензола — не более 5 %. Еще более жесткие требования установлены на автобензины, предназначенные для применения в Москве.

Одним из путей снижения токсичных выбросов автотранспорта является введение моющих присадок в автобензины, так как образование отложений во впускной системе двигателя и особенно в карбюраторе приводит к падению мощности и ухудшению экономичности работы двигателя, возрастанию токсичности отработавших газов, особенно на режимах холостого хода и на малых оборотах (условия городской езды). Путем поддержания в чистоте топливной системы моющие присадки способствуют снижению содержания оксидов углерода и несгоревших углеводородов в отработавших газах. На ряде нефтеперерабатывающих предприятий осуществляется организация производства автомобильных бензинов с моющими присадками и с улучшенными экологическими свойствами.

Ассортимент, качество и состав автомобильных бензинов

Основную массу автомобильных бензинов в России вырабатывают по ГОСТ 2084–77 и ТУ 38.001165–97. В зависимости от октанового

числа ГОСТ 2084–77 предусматривает пять марок автобензинов: **А-72, А-76, АИ-91, АИ-93 и АИ-95.** Для первых двух марок цифры указывают октановые числа, определяемые по моторному методу, для последних — по исследовательскому. В связи с увеличением доли легкового транспорта в общем объеме автомобильного парка наблюдается заметная тенденция снижения потребности в низкооктановых бензинах и увеличения потребления высокооктановых. Бензин А-72 практически не вырабатывается ввиду отсутствия техники, эксплуатируемой на нем.

Наибольшая потребность существует в бензине **А-92,** который вырабатывается по ТУ 38.001165–97, хотя доля бензина А-76 в общем объеме производства остается очень высокой. Указанные ТУ предусматривают также марки бензинов **А-80** и **А-96** с октановыми числами по исследовательскому методу соответственно 80 и 96. Эти бензины предназначены в основном для поставки на экспорт. Бензин **АИ-98** с октановым числом 98 по исследовательскому методу производится по ТУ 38.401-58-122–95 и ТУ 38.401-58-127–95. Бензины А-76, А-80, АИ-91, А-92 и А-96 допускается вырабатывать с использованием этиловой жидкости. Малоэтилированный бензин АИ-91 с содержанием свинца 0,15 г/дм³ выпускается по отдельным техническим условиям (ТУ 38.401-58-86–94). При производстве бензинов АИ-95 и АИ-98 использование алкилсвинцовых антидетонаторов не допускается.

Требования ГОСТ 2084–77 к качеству автомобильных бензинов приведены в табл. 1.2. Все бензины, вырабатываемые по ГОСТ 2084–77, в зависимости от показателей испаряемости делят на летние и зимние. Зимние бензины предназначены для применения в северных и северо-восточных районах в течение всех сезонов и в остальных районах с 1 октября до 1 апреля. Летние — для применения во всех районах кроме северных и северо-восточных в период с 1 апреля по 1 октября; в южных районах допускается применять летний бензин в течение всех сезонов. **Бензины для экспорта** (ТУ 38.001165–97) и **бензин АИ-98** — всесезонные (табл. 1.3).

Параметры автомобильных бензинов, вырабатываемых по ГОСТ 2084–77, существенно отличаются от принятых международных норм, особенно в части экологических требований. В целях повышения конкурентоспособности российских бензинов и доведения их качества до уровня европейских стандартов разработан ГОСТ Р 51105–97 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия», который вводится в действие с 01.01.99 г. Этот

1.2. Характеристики автомобильных бензинов (ГОСТ 2084–77)

Показатели	А-72 неэтилированный	А-76		АИ-91 неэтилированный	АИ-93 неэтилированный	АИ-95 неэтилированный
		неэтилированный	этилированный			
Детонационная стойкость: октановое число, не менее:						
моторный метод	72	76	76	82,5	85	85
исследовательский метод	Не нормируется			91	93	95
Массовое содержание свинца, г/дм³, не более	0,013	0,013	0,17	0,013	0,013	0,013
Фракционный состав:						
температура начала перегонки бензина, °С, не ниже:						
летнего	35	35	35	35	35	30
зимнего	Не нормируется					
10 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше:						
летнего	70	70	70	70	70	75
зимнего	55	55	55	55	55	55
50 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше:						
летнего	115	115	115	115	115	120
зимнего	100	100	100	100	100	105
90 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше:						
летнего	180	180	180	180	180	180
зимнего	160	160	160	160	160	160
конец кипения бензина, °С, не выше:						
летнего	195	195	195	205	205	205
зимнего	185	185	185	195	195	195
Остаток в колбе, %, не более	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Остаток и потери, %, не более	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

1.2. Характеристики автомобильных бензинов (ГОСТ 2084–77) (продолжение)

Показатели	А-72 неэтилиро-ванный	А-76 неэтилиро-ванный	А-76 этилиро-ванный	АИ-91 неэтилиро-ванный	АИ-93 неэтилиро-ванный	АИ-95 неэтилиро-ванный
Давление насыщенных паров бензина, кПа:						
летнего, не более	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7
зимнего	66,7-93,3	66,7-93,3	66,7-93,3	66,7-93,3	66,7-93,3	66,7-93,3
Кислотность, мг КОН/100 см³, не более	3,0	1,0	3,0	3,0	0,8	2,0
Содержание фактических смол, мг/100см³, не более:						
на месте производства	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
на месте потребления	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Индукционный период на месте производства бензина, мин, не менее	600	1200	900	900	1200	900
Массовая доля серы, %, не более	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Цвет	-	-	Желтый	-	-	-

Примечания. 1. Для бензинов всех марок: испытание на медной пластинке — выдерживают; содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды — отсутствие; плотность при 20 °С — не нормируется, определение обязательно.

2. Для городов и районов, а также предприятий, где Главным санитарным врачом запрещено применение этилированных бензинов, предназначаются только неэтилированные.

3. Допускается вырабатывать бензин, предназначенный для применения в южных районах, со следующими показателями по фракционному составу:

10 % перегоняется при температуре не выше 75 °С;

50 % перегоняется при температуре не выше 120 °С;

4. Для бензинов, изготовленных с применением компонентов каталитического риформинг допускаемая температура конца кипения не выше 205 °С — для летнего и не выше 195 °С — д зимнего.

стандарт не заменяет ГОСТ 2084–77, которым предусмотрен выпу как этилированных, так и нэтилированных бензинов. В соответстви с ГОСТ Р 51105–97 будут вырабатываться только неэтилированн бензины (максимальное содержание свинца не более 0,01 г/дм³).

1.3. Характеристики автомобильных экспортных бензинов и АИ-98

Показатели	А-80	А-92	А-96	АИ-98
Плотность, кг/м³, при температуре:				
20 °С, не более	755	770	770	Не нормируется. Определение обязательно.
15 °С	Не нормируется			-
Детонационная стойкость, октановое число, не менее:				
исследовательский метод	80	92	96	98
моторный метод	76	83	85	88
Массовое содержание свинца, г/дм³, не более:				
бензин этилированный	0,15	0,15	0,15	-
бензин неэтилированный	0,013	0,013	0,013	0,013
Фракционный состав:				
температура начала перегонки бензина, °С, не ниже	35	35	35	-
перегоняется при температуре, °С, не выше:				
10 %	70	75	75	75
50 %	120	120	120	120
90 %	190	190	190	190
температура конца кипения, °С, не выше	215	215	215	215
остаток в колбе, %, не более	1,5	1,5	1,5	1,5
остаток и потери, %, не более	4,0	4,0	4,0	4,0
Давление насыщенных паров бензина, кПа (мм рт. ст.), не более	79,9 (600)	79,9 (600)	79,9 (600)	79,9 (600)
Кислотность, мг КОН/100 см³, не более	3,0	3,0	3,0	3,0
Содержание фактических смол, мг/100 см³, не более	5,0	5,0	5,0	5,0
Индукционный период на месте производства бензина, мин, не менее	600	600	600	600
Массовая доля серы, %, не более	0,05	0,05	0,05	0,1
Цвет	Бесцветный или бледно-желтый			-
Докторская проба	Отрицательная			-
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,001	0,001	0,001	-
Содержание бензола, % (об.), не более	-	-	-	5,0
Массовая доля МТБЭ, %, не более	-	-	-	12

Примечание. Для бензинов всех марок: испытание на медной пластинке — выдерживает, содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды — отсутствие.

3 — 1890

В зависимости от октанового числа по исследовательскому методу установлено четыре марки бензинов: **«Нормаль-80», «Регуляр-91», «Премиум-95», «Супер-98»**. Бензин «Нормаль-80» предназначен для использования на грузовых автомобилях наряду с бензином А-76. Неэтилированный бензин «Регуляр-91» предназначен для эксплуатации автомобилей взамен этилированного А-93. Автомобильные бензины «Премиум-95» и «Супер-98» полностью отвечают европейским требованиям, конкурентоспособны на нефтяном рынке и предназначены в основном для зарубежных автомобилей, ввозимых в Россию.

С целью ускорения перехода на производство неэтилированных бензинов взамен этиловой жидкости допускается использование марганцевого антидетонатора в концентрации не более 50 мг Mn/дм^3 для марки «Нормаль-80» и не более 18 мг Mn/дм^3 для марки «Регуляр-91». В соответствии с европейскими требованиями по ограничению содержания бензола введен показатель «объемная доля бензола» — не более 5 %. Установлена норма по показателю «плотность при 15 °С». Ужесточена норма на массовую долю серы — до 0,05 %. Для обеспечения нормальной эксплуатации автомобилей и рационального использования бензинов введено пять классов испаряемости для применения в различных климатических районах по ГОСТ 16350—80. Наряду с определением температуры перегонки бензина при заданном объеме предусмотрено определение объема испарившегося бензина при заданной температуре 70, 100 и 180 °С. Введен показатель «индекс испаряемости». В ГОСТ Р 51105—97 наряду с отечественными включены международные стандарты на методы испытаний (ISO, EN, ASTM). Нормы и требования к качеству автомобильных бензинов и характеристики испаряемости по ГОСТ Р 51105—97 приведены в табл. 1.4 и 1.5.

С целью обеспечения Москвы и других регионов с высокой плотностью автомобильного транспорта экологически чистыми топливами разработан ряд технических условий на бензины автомобильные неэтилированные с улучшенными экологическими показателями: **«Городские»** (ТУ 38.401-58-171—96), **«ЯрМарка»** (ТУ 38.301-25-41—97) и др. ТУ 38.401-58-171—96 распространяются на автомобильные бензины, вырабатываемые ОАО «Московский НПЗ», ТУ 38.301-25-41—97 — на бензины, вырабатываемые ОАО «Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез». По сравнению с ГОСТ Р 51105—97 в этих технических условиях установлены более жесткие нормы по содержанию бензола, предусмотрено нормирование ароматических углево-

1.4. Нормы и требования к качеству автомобильных бензинов по ГОСТ Р 51105–97

Показатели	Нормаль-80	Регуляр-91	Премиум-95	Супер-98	Метод испытания
Октановое число, не менее:					
моторный метод	76,0	82,5	85,0	88.0	По ГОСТ 511-82 или ASTM D 2700, ИСО 5163-90
исследовательский метод	80,0	91,0	95,0	98,0	По ГОСТ 8226-82 или ASTM D 2699-94, ИСО 5164-90
Содержание свинца, г/дм^3, не более	0,010				По ГОСТ 28828-90 или ASTM D 3237-90, EN 237
Содержание марганца, мг/дм^3, не более	50	18	-	-	По п. 7.2 ГОСТ Р 51105-97 и ASTM D 3831-94
Содержание фактических смол, мг /100 см^3, не более	5,0				По ГОСТ 1567-83 или ASTM D 381-94, EN 5
Индукционный период бензина, мин, не менее	360				По ГОСТ 4039-88 или ASTM D 525-95, ИСО 7536-94
Массовая доля серы, %, не более	0,05				По ГОСТ Р 50442-92 или ASTM D 1266-91, ASTM D 2622-94, ASTM D 4294-90, ИСО 8754-92
Объемная доля бензола, %, не более	5				По ГОСТ 29040-90 или ASTM D 4420-94, ASTM D 3606-92, ASTM 4053-91, EN 238
Испытание на медной пластине	Выдерживает, класс 1				По ГОСТ 6321-92 или ASTM D 130-94, ИСО 2160-85
Внешний вид	Чистый, прозрачный				По п. 7.3 ГОСТ Р 51105-97
Плотность при 15 °С, кг/м^3	700-750	725-780	725-780	725-780	По ГОСТ Р 51069-97 или ASTM D 1298-90. ASTM D 4052-91. ИСО 3675-93, ИСО 3838-83

Примечания. 1. Содержание марганца определяют только для бензинов, с марганцевым антидетонатором (МЦТМ).

2. Автомобильные бензины, предназначенные для длительного хранения (5 лет) в Госрезерве и Министерстве обороны, должны иметь индукционный период не менее 1200 мин.

1.5. Характеристики испаряемости бензинов всех марок

Показатели	Класс					Метод испытания
	1	2	3	4	5	
Давление насыщенных паров бензина, кПа	35-70	45-80	55-90	60-95	80-100	По ГОСТ 1756-52 или ГОСТ 28781-90, ASTM D 323-94, ASTM D 4953-93, EN 12
Фракционный состав:						По ГОСТ 2177-82 или ASTM D 86-95, ИСО 3405-88
температура начала перегонки, °С, не ниже	35	35	Не нормируется			
пределы перегонки, °С, не выше:						
10 %	75	70	65	60	55	
50 %	120	115	110	105	100	
90 %	190	185	180	170	160	
конец кипения, °С, не выше			215			
объемная доля остатка в колбе, %			2			
остаток и потери, %			4			
или						
объем испарившегося бензина, %, при температуре:						По ГОСТ 2177-82 или ASTM D 86-95, ИСО 3405-88
70 °С	10-45	15-45	15-47	15-50	15-50	
100 °С	35- 65	40-70	40-70	40-70	40-70	
180 °С, не менее	85	85	85	85	85	
Индекс испаряемости, не более	900	1000	1100	1200	1300	По п. 7.4 EN 228

дородов и добавление моющих присадок. Требования ТУ на бензины с улучшенными экологическими свойствами приведены в табл. 1.6.

По составу автомобильные бензины представляют собой смесь компонентов, получаемых в результате различных технологических процессов: прямой перегонки нефти, каталитического риформинга, каталитического крекинга и гидрокрекинга вакуумного газойля, изомеризации прямогонных фракций, алкилирования, ароматизации термического крекинга, висбрекинга, замедленного коксования. Компонентный состав бензина зависит, в основном, от его марки и определяется набором технологических установок на нефтеперерабатывающем заводе.

Базовым компонентом для выработки автомобильных бензинов являются обычно бензины каталитического риформинга или каталитического крекинга. Бензины каталитического риформинга характеризу-

1.6. Характеристики бензиноа с улучшенными экологическими показателями

Показатели	АИ-80ЭК	АИ-92ЭК	АИ-95ЭК	АИ-98ЭК	ЯрМарка 92 Е	ЯрМарка 95 Е
	ТУ38.401-58-171-96				ТУ 38.301-25-41-97	
Октановое число, не менее, по методу:						
моторному	76,0	83,0	85,0	88,0	83,0	85,0
исследовательскому	80,0	92,0	95,0	98,0	92,0	95,0
Содержание свинца, г/дм³, не более	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Фракционный состав: объем испарившегося бензина, %, при температуре:						
70 °С	10-50	15-50	15-50	15-50	15-50	15-50
100 °С	35-70	40-70	40-70	40-70	40-70	40-70
180 °С	≥85	≥ 85	≥ 85	≥ 85	≥ 85	≥ 85
конец кипения бензина, °С, не выше	215	215	215	215	215	215
остаток в колбе, % (об.), не более	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Давление насыщенных паров бензина, кПа:						
летний период с 1 апреля по 1 октября	35-70	35-70	35-70	35-70	35-70	35-70
зимний период с 1 октября по 1 апреля	-	-	-	-	60-100	60-100
Индекс паровой пробки, не более:						
летний период	950	950	950	950	950	950
зимний период	1250	1250	1250	1250	1250	1250
Содержание фактических смол, мг/100 см³, на месте производства, не более	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Объемная доля, %, не более:						
ароматических углеводородов	-	-	-	-	45	45

1.6. Характеристики бензинов с улучшенными экологическими показателями (продолжение)

Показатели	АИ-80ЭК	АИ-92ЭК	АИ-95ЭК	АИ-98ЭК	ЯрМарка 92 Е	ЯрМарка 95 Е
	ТУ 38.401-58-171-96				ТУ 38.301-25-41-97	
в том числе бензола	3	3	5	5	3	3
Индукционный период бензина на месте производства, мин, не менее	360	360	360	360	360	360
Массовая доля серы, %, не более	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	780	780	780	780	780	780

Примечание. Для бензинов всех марок: испытание на медной пластинке — выдерживает; содержание высокорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды — отсутствие.

ются низким содержанием серы, в их составе практически отсутствуют олефины, поэтому они высокостабильны при хранении. Однако повышенное содержание в них ароматических углеводородов с экологической точки зрения является лимитирующим фактором. К их недостаткам также относится неравномерность распределения детонационной стойкости по фракциям. В составе бензинового фонда России (табл. 1.7) доля компонента каталитического риформинга превышает 50 %.

1.7. Компонентный состав бензинового фонда, % (об.)

Компонент	США	Западная Европа	Россия
Бутаны	5,5	5,7	5,7
Бензин каталитического риформинга	34,6	46,9	52,8
Бензин каталитического крекинга	36,1	27,1	9,6
Изомеризат	4,7	5,0	1,5
Алкилат	13,0	5,9	0,3
Прямогонный бензин	4,0	7,6	25,2
Бензин коксования	-	-	4,9
Оксигенаты	2,1	1,8	0,2

Примечание. Общий бензиновый фонд, млн.т/год: Россия — 30; США — 325; Западная Европа — 125.

Бензины каталитического крекинга характеризуются низкой массовой долей серы, октановыми числами по исследовательскому методу 90—93 единицы. Содержание в них ароматических углеводородов составляет 30—40 %, олефиновых — 25—35 %. В их составе практически отсутствуют диеновые углеводороды, поэтому они обладают относительно высокой химической стабильностью (индукционный период 800—900 мин.). По сравнению с бензинами каталитического риформинга для бензинов каталитического крекинга характерно более равномерное распределение детонационной стойкости по фракциям. Поэтому в качестве базы для производства автомобильных бензинов целесообразно использовать смесь компонентов каталитического риформинга и каталитического крекинга.

Бензины таких термических процессов, как крекинг, замедленное коксование имеют низкую детонационную стойкость и химическую стабильность, высокое содержание серы и используются только для получения низкооктановых бензинов в ограниченных количествах.

При производстве высокооктановых бензинов используются алкилбензин, изооктан, изопентан и толуол. Бензины АИ-95 и АИ-98 обычно получают с добавлением кислородсодержащих компонентов: метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ) или его смеси с трет-бутанолом, получившей название фэтерол. Введение МТБЭ в бензин позволяет повысить полноту его сгорания и равномерность распределения детонационной стойкости по фракциям. Максимально допустимая концентрация МТБЭ в бензинах составляет 15 % из-за его относительно низкой теплоты сгорания и высокой агрессивности по отношению к резинам.

Физико-химические свойства компонентов, используемых для приготовления товарных автобензинов, приведены в табл. 1.8.

Для достижения требуемого уровня детонационных свойств этилированных бензинов к ним добавляют этиловую жидкость (до 0,15 г свинца/дм³ бензина). К бензинам вторичных процессов, содержащим непредельные углеводороды, для их стабилизации и обеспечения требований по индукционному периоду разрешается добавлять антиокислители Агидол-1 или Агидол-12. В целях обеспечения безопасности в обращении и маркировки этилированные бензины должны быть окрашены. Бензин А-76 окрашивается в желтый цвет жирорастворимым желтым красителем К, бензин АИ-91 — в оранжево-красный цвет жирорастворимым темно-красным красителем Ж. Этилированные бензины, предназначенные для экспорта, не окрашиваются.

Примерные компонентные составы автомобильных бензинов различных марок приведены в табл. 1.9.

1.8. Характеристики компонентов товарных автомобильных бензинов

Показатели	Бензин каталитического риформинга жесткого режима	Бензин каталитического крекинга Г-43-107	Алкилбензин	Ксилольная фракция
Детонационная стойкость:				
октановое число по методу:				
исследовательскому	91-99	91-93	91-94	100-108
моторному	82-90	80-82	90-93	90-99
Фракционный состав:				
температура начала перегонки бензина, °С	35-50	30-45	30-45	100-110
пределы перегонки, °С:				
10 %	60-70	52-75	66-75	120-126
50 %	110-120	97-120	105-110	130-140
90 %	160-180	165-185	115-130	150-160
конец кипения бензина, °С	195-215	205-215	170-190	175-205
Массовая доля серы, %	0,01-0,02	0,03-0,08	0,005-0,02	-
Испытание на медной пластинке	Выдерживает			
Плотность при 20 °С, кг/м³	770-780	725-750	690-700	835-850

1.9. Средние компонентные составы автомобильных бензинов

Компонент	А-76 (А-80)	А-76*	АИ-91	А-92	А-92*	АИ-95	АИ-98
Бензин каталитического риформинга:							
мягкого режима	40-80	70-60	60-90	60-88	50-100	-	-
жесткого режима	-	-	40-100	40-100	10-40	45-90	25-88
Ксилольная фракция	-	-	10-20	10-30	-	20-40	20-40
Бензин каталитического крекинга	20-80	10-60	10-85	10-85	10-85	10-50	10-20
Бензин прямой перегонки	20-60	40-100	10-20	10-20	10-80	-	-
Алкилбензин	-	-	5-20	5-20	-	10-35	15-50
Бутаны+изопентан	1-7	1-5	1-10	1-10	1-7	1-10	1-10
Газовый бензин	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	-	-
Толуол	-	-	0-7	0-10	-	8-15	10-15
Бензин коксования	1-5	5-10	-	-	-	-	-
Гидростабилизированный бензин пиролиза	10-35	10-20	10-30	10-30	10-30	10-20	10-20
МТБЭ	≤8	-	5-12	5-12	-	10-15	10-15

* Этилированный.

Ассортимент, качество и состав авиационных бензинов

Авиационные бензины предназначены для применения в поршневых авиационных двигателях. В отличие от автомобильных двигателей, в авиационных используется в большинстве случаев принудительный впрыск топлива во впускную систему, что определяет некоторые особенности авиационных бензинов по сравнению с автомобильными. Более высокие требования к качеству авиационных бензинов определяются также жесткими условиями их применения. ГОСТ 1012—72 предусматривает две марки авиационных бензинов: **Б-91/115** и **Б-95/130.** Марка авиабензина означает его октановое число по моторному методу, указываемое в числителе, и сортность на богатой смеси — в знаменателе дроби. Бензин Б-91/115 предназначен для эксплуатации двигателей АШ-62ир, АИ-26В, М-14Б, М-14П и М-14В-26, а Б-95/130 — двигателей АШ-82Т и АШ-82В. В течение 1988—1992 гг. проведен большой комплекс исследований и испытаний, в результате чего разработан единый бензин **Б-92** без нормирования показателя «сортность на богатой смеси», вырабатываемый по ТУ 38.401-58-47—92. Как показали испытания, бензин Б-92 может применяться взамен бензина Б-91/115 в двигателях всех типов. Использование авиабензина Б-92 без нормирования показателя сортности позволяет наряду с обеспечением нормальной работы двигателей на всех режимах значительно расширить ресурсы авиабензинов и снизить содержание в них токсичного тетраэтилсвинца.

В России вырабатывают две марки авиабензинов: Б-91/115 и Б-92. Требования к качеству бензинов — Б-92, Б-91/115 и Б-95/130 приведены в табл. 1.10.

Разработаны технические условия на авиационные бензины марок **Б-100/130** и **Б-100/130 малоэтилированный** — ТУ 38.401-58-197—97. Установленные нормы к качеству указанных бензинов соответствуют требованиям ASTM D 910 и европейским спецификациям на бензины марок 100 и 100LL (табл. 1.11).

В связи с тем, что к авиационным бензинам предъявляются более жесткие требования, чем к автомобильным, в их состав входят компоненты ограниченного числа технологических процессов: прямой перегонки нефти, каталитического риформинга, алкилирования, ароматизации. В состав авиационных бензинов могут также входить продукты изомеризации прямогонных фракций. Продукты вторичных

1.10. Характеристики ааиационных бензиноа

Показатели	Б-95/130 ГОСТ 1012-72	Б-91/115 ГОСТ 1012-72	Б-92 ТУ 38.401-58-47-92	Б-70 ТУ 38.101913-82
Содержание тетраэтилсвинца, г/1 кг бензина, не более	3,1	2,5	2,0	-
Детонационная стойкость:				
октановое число по моторному методу, не менее	95	91	91,5	70
сортность на богатой смеси, не менее	130	115	-	-
Удельная теплота сгорания низшая, Дж/кг (ккал/кг), не менее	$42947 \cdot 10^3$ (10250)	$42947 \cdot 10^3$ (10250)	$42737 \cdot 10^3$ (10200)	-
Фракционный состав:				
температура начала перегонки, °С, не ниже	40	40	40	40
перегоняется при температуре, °С, не выше:				
10 %	82	82	82	88
50 %	105	105	105	105
90 %	145	145	145	145
97,5 %	180	180	180	180
остаток, %, не более	1,5	1,5	1,5	1,5
Давление насыщенных паров, Па	33325-45422	29326-47988	29326-47988	47988
Кислотность, мг КОН/100 см³, не более	0,3	0,3	1,0	1,0
Температура начала кристаллизации, °С, не выше	-60	-60	-60	-60
Йодное число, г йода/100 г бензина, не более	6,0	2,0	2,0	2,0
Массовая доля ароматических углеводородов, %, не более	35	35	Не нормируется. Определение обязательно	12-20
Содержание фактических смол, мг/100 см³ бензина, не более	4,0	3,0	3,0	2,0
Массовая доля серы, %, не болве	0,03	0,03	0,05	0,05
Цвет	Желтый	Зеленый	Зеленый	Бесцветный
Массовая доля параоксидифениламина, %	0,002-0,005	0,002-0,005	-	-
Период стабильности, ч, не менев	12	12	8	-

Примечания. 1. Для бнзинов всех марок: испытание на медной пластинке — выдерживает; содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды — отсутствие; прозрачность — прозрачный; плотность при 20 °С, кг/м³ — не нормируется, определение обязательно.

2. Для авиационного бензина марки Б-91/115, получаемого на основе компонента каталитического крекинга, устанавпиваются:

а) йодное число — 10 г йода/100 г бензина.

б) содержание фактических смол не более 4 мг/100 см³ бензина.

1.10. Характеристики авиационных бензиноа (продолжение)

3. Для авиационных бензинов марок Б-95/130 и Б-91/115, выработанных из бакинских нефтей, допускается содержание параоксидифениламина 0,004-0,010 %, а на базе бензинов каталитического крекинга не менее 0,004 %.

4. С 1 мая по 1 октября нижний предел давления насыщенных паров авиационных бензинов не служит браковочным признаком, за исключением отгружаемых на длительное хранение.

5. Для авиационных бензинов, сдаваемых после длительного хранения (более 2 лет), допускаются отклонения при определении фракционного состава по ГОСТ 2177-82 для температуры перегонки 10 и 50 % на 2 °С и 90 % на 1 °С. Этилированные авиационные бензины после длительного хранения допускается сдавать с периодом стабильности не менее 2 ч.

6. Норма по показателю пункта 3 для бензинов с добавлением базового компонента крекинга должна быть не менее $43157 \cdot 10^3$ (10300) Дж/кг (ккал/кг).

7. По согласованию с потребителями допускается изготовлять авиационные бензины по показателю «период стабильности» с нормой не менее 8 ч.

процессов, содержащие олефиновые углеводороды, для получения авиационных бензинов не используются.

Компонентный состав авиационных бензинов зависит в основном от их марки и в меньшей степени, чем для автомобильных бензинов, определяется набором технологических установок на нефтеперерабатывающем заводе.

Базовым компонентом для выработки авиационных бензинов марок Б-92 и Б-91/115 обычно являются бензины каталитического риформинга. В качестве высокооктановых компонентов могут быть использованы алкилбензин, изооктан, изопентан и толуол.

Бензины каталитического риформинга обладают высокой детонационной стойкостью на богатых и бедных смесях. Чем больше суммарное содержание в бензине ароматических углеводородов, тем выше его сортность на богатой смеси.

Для обеспечения требований ГОСТ и ТУ по детонационной стойкости, теплоте сгорания, содержанию ароматических углеводородов к базовым бензинам добавляют изопарафиновые и ароматические компоненты — алкилбензин, изомеризат и толуол.

Физико-химические свойства компонентов, используемых для приготовления товарных авиабензинов, приведены в табл. 1.12.

В целях обеспечения требуемого уровня детонационных свойств к авиационным бензинам добавляют антидетонатор тетраэтилсвинец (от 1,0 до 3,1 г на 1 кг бензина) в виде этиловой жидкости. Для стабилизации этиловой жидкости при хранении авиабензинов добавляется антиокислитель 4-оксидифениламин или Агидол-1.

1.11. Показатели качества авиационного бензина Б-100/130 (ТУ 38.401-58-197-97)

Показатели	Б-100/130 и Б-100/130 малоэтилированный
Внешний вид	Прозрачный, не содержит механических примесей и воды
Детонационная стойкость:	
октановое число по моторному методу, не менее	100
сортность на богатой смеси, не менее	130
Содержание тетраэтилсвинца, г/кг бензина, не более	2,2*
Цвет	Голубой
Удельная теплота сгорания низшая, Дж/кг, не менее	$43000 \cdot 10^3$
Плотность при 15 °С, кг/м^3	Не нормируется, определение обязательно
Фракционный состав:	
температура начала перегонки бензина, °С	Не нормируется, определение обязательно
перегоняется при температуре, °С:	
10 %	≤75
40 %	≥75
50 %	≤105
90 %	≤145
сумма температур перегонки 10 и 50 %, °С, не ниже	135
температура конца перегонки, °С, не выше	180
выход, %, не менее	97
остаток, % (об.), не более	1,5
потери, %, не более	1,5
Давление насыщенных паров, кПа	38-49
Температура начала кристаллизации, °С, не выше	-60
Массовая доля серы, %, не более	0,05
Испытание на медной пластинке	Выдерживает
Период стабильности, ч, не менее	12
Содержание фактических смол, мг/100 см^3 бензина, не более	3
Взаимодействие с водой, баллы, не более:	
состояние поверхности раздела	1
состояние разделенных фаз	1
Кислотность, мг КОН/100 см^3, не более	0,3
Электропроводимость, пСм/м, не более	450

* Содержание тетраэтилсвинца в бензине марки Б-100/130 малоэтилированном составляет 1,0 г/кг бензина

1.12. Характеристики компонентов авиационных бензинов

Показатели	Алкилбензин ТУ 38.101372-84	Толуол нефтяной ГОСТ 14710-78	Бензин каталитического риформинга	Прямогонный бензин
Внешний вид	Прозрачная бесцветная жидкость	Прозрачная жидкость без посторонних примесей и воды, не темнее раствора $K_2Cr_2O_7$ концентрации 0,003 г/дм^3	Прозрачная бесцветная или бледно-желтая жидкость	
Детонационная стойкость, октановое число по моторному методу, не менее	91,5	-	73,5	70
Сортность на богатой смеси с добавлением 2,7 г ТЭС/кг	140	-	-	-
Фракционный состав:				
температура начала кипения, °С, не ниже	40	-	40	40
перегоняется при температуре, °С, не выше:				
10 %	75	-	82	75
50 %	105	-	105	105
90 %	130	-	149	145
97,5 %	180	-	180	180
остаток и потери в сумме, %, не более	2,5	-	-	-
остаток, %, не более	1,5	-	1,5	1,5
Пределы перегонки:				
98 % объема перегоняется в пределах температур, °С, не более	-	0,8	-	-
Массовая доля толуола, %, не менее	-	99,6	-	-
Массовая доля примесей, %, не более:	-	0,4	-	-
неароматических углеводородов	-	0,2	-	-
бензола	-	0,15	-	-
ароматических углеводородов C_8	-	0,05	-	-
Окраска серной кислоты, номер образцовой шкалы, не более	-	0,20	-	-
Давление насыщенных паров, кПа, не более	46,7	-	47,9	-
Кислотность, мг КОН/100 см^3, не более	0,3	-	0,3	0,3
Йодное число, г I_2/100 г, не более	0,35	-	2,0	-
Содержание фактических смол, мг/100 см^3, не более	2,0	-	3,0	3,0

1.12. Характеристики компонентов авиационных бензинов (продолжение)

Показатели	Алкилбензин ТУ 38.101372-84	Толуол нефтяной ГОСТ 14710-78	Бензин каталитического риформинга	Прямогонный бензин
Содержание, %:				
серы, не более	0,015	-	0,03	0,03
кислот и щелочей	Отсутствие	-	Отсутствие	
механических примесей и воды	Отсутствие	-	Отсутствие	
Реакция водной вытяжки	-	Нейтральная	-	-
Испаряемость	-	Испаряется без остатка	-	-
Испытание на медной пластинке	Выдерживает			
Плотность при 20 °С, кг/м^3	Не нормируется	864-867	Не нормируется	734

Как и все этилированные топлива, для безопасности в обращении и маркировки, авиационные бензины должны быть окрашены. Бензины Б-91/115 и Б-92 окрашиваются в зеленый цвет красителями: жирорастворимым зеленым 6Ж или жирорастворимым зеленым антрахиноновым; Б-95/130 — в желтый цвет жирорастворимым желтым К; Б-100/130 — в голубой цвет органическим жирорастворимым ярко-синим антрахиноновым или 1,4-диалкиламино-антрахиноном.

Кроме описанных выше марок авиационных бензинов, которые применяются непосредственно для эксплуатации поршневых двигателей, вырабатывается неэтилированный бензин марки Б-70 (ТУ 38.101913-82). Показатели качества приведены в табл. 1.10. В настоящее время этот бензин используется, в основном, как бензин-растворитель.

Авиационный бензин Б-70 готовят на основе бензина прямой перегонки или рафинатов риформинга с добавлением высокооктановых компонентов.

Реактивные топлива

Современная авиация в основном оснащена воздушно-реактивными двигателями (ВРД). В этих двигателях топливо в камеру сгорания подается непрерывно, и вследствие этого процесс горения протекает постоянно. Лишь для запуска двигателя используют постороннее зажигание. Также непрерывно поступает в камеру сгорания ВРД и воздух

(требуемый для сжигания топлива), предварительно сжатый и нагретый в компрессоре. Газообразные продукты сгорания из камеры сгорания поступают в турбину, где часть тепловой энергии превращается в механическую работу вращения колеса турбины, от вала которого приводится в движение ротор компрессора, а также топливный и масляный насосы. После турбины продукты сгорания топлива в виде газового потока проходят реактивное сопло и, расширяясь в нем, создают реактивную силу тяги, с помощью которой и осуществляется полет самолета.

В ВРД топливо из баков самолета под небольшим давлением (0,02–0,03 МПа) подается подкачивающим насосом через систему фильтров тонкой очистки к основному топливному насосу-регулятору высокого давления (0,8–1,0 МПа). С помощью последнего топливо, проходя через форсунки, распыливается в камерах сгорания в нагретый и сильно завихренный воздушный поток, что обеспечивает увеличение поверхности испарения топлива и равномерное распределение его паров по всему объему камеры сгорания двигателя.

В турбореактивных двигателях топливо, проходя через топливомасляный радиатор, снижает температуру смазочного масла, т.е. выполняет функцию охлаждающей среды. Помимо этого, топливо используют и для смазывания деталей трения топливных насосов. Кроме того, изменяя подачу топлива с помощью топливорегулирующей аппаратуры, регулируют скорость полета самолета.

Основные свойства реактивных топлив:

хорошая испаряемость для обеспечения полноты сгорания;

высокие полнота и теплота сгорания, предопределяющие дальность полета самолета;

хорошие прокачиваемость и низкотемпературные свойства для обеспечения подачи топлива в камеру сгорания;

низкая склонность к образованию отложений, характеризуемая высокой химической и термоокислительной стабильностью;

хорошая совместимость с материалами: низкие противокоррозионные свойства по отношению к металлам и отсутствие воздействия на резиновые технические изделия;

хорошие противоизносные свойства, обусловливающие небольшое изнашивание деталей топливной аппаратуры;

антистатические свойства, препятствующие накоплению зарядов статического электричества, что обеспечивает пожаробезопасность при заправке летательных аппаратов.

Свойства

Испаряемость. Испаряемость — одно из важнейших свойств реактивных топлив. Она влияет на пределы устойчивого горения топлива, полноту сгорания, нагарообразование в камере сгорания двигателя, бесперебойную работу топливных насосов и склонность к образованию паровых пробок в топливной системе самолетов в условиях высотных полетов. От испаряемости топлив зависят запуск двигателя и потери топлива от испарения при полетах на больших высотах. Реактивные топлива имеют более широкий диапазон температур выкипания, чем топлива другого назначения. Для ВРД используют топлива различного фракционного состава: для дозвуковой авиации — типа керосина с пределами выкипания от 136—156 до 250—280 °С (топлива ТС-1, РТ, Т-1) и широкого фракционного состава (60—280 °С), представляющее собой бензино-керосиновую фракцию (топливо Т-2), и для сверхзвуковой авиации — топлива Т-8В, выкипающее при температуре от 165 до 280 °С, и Т-6, выкипающее при температуре от 195 до 315 °С.

Снижение степени влияния испаряемости реактивных топлив на работу двигателя достигается чисто конструктивными мерами, что позволяет использовать на реактивных двигателях топлива, различные по испаряемости. При этом температура начала кипения топлива характеризует его склонность к образованию паровых пробок в топливной системе и пусковые свойства; температура выкипания 10 % (об.) — пусковые свойства, а 98 % (об.) — полноту испарения, определяющую полноту сгорания топлива.

Учитывая аэродинамический нагрев топлива в баках самолета, имеющий место при сверхзвуковом полете, во избежание образования паровых пробок в топливной системе регламентируются более высокие значения температуры начала кипения топлив, предназначенных для сверхзвуковых самолетов.

Полнота и теплота сгорания реактивных топлив. С понижением полноты сгорания топлива склонность его к нагарообразованию в двигателе возрастает. Нагар отлагается на сопле форсунки, на стенках камеры сгорания, на лопатках турбины. Нагарообразование в двигателе крайне нежелательно. Отложения нагара на форсунках изменяют форму струи распыливаемого топлива, вследствие чего ухудшаются условия его распыливания и испарения, а также нарушается распределение температур вдоль пространства сгорания. Нагарообразование на лопатках турбины вызывает их децентрирование и выход из строя. Частицы

нагара, отделяясь от стенок камеры сгорания и, попадая вместе с газами на лопатки турбины, вызывают их эрозию.

Наличие в пламени сажистых частиц (продуктов неполного сгорания топлива) вызывает его свечение, что связано с излучением тепла пламенем, приводящим к повышению температуры стенок камеры сгорания, их местному короблению и прогару.

Показателями, характеризующими горение реактивных топлив, являются высота некоптящего пламени и люминометрическое число. Кроме того, склонность реактивных топлив к нагарообразованию в двигателе и свечению пламени оценивают по содержанию в них ароматических углеводородов.

Комплексом методов квалификационной оценки реактивных топлив предусмотрено определение их склонности к нагарообразованию на однокамерной установке. С повышением высоты H некоптящего пламени склонность топлива к нагарообразованию снижается:

H, мм	12	18	21	23	26	30	43
Масса нагара в двигателе, г	7,5	4,8	3,2	1,8	1,6	0,5	0,4

Значения люминометрического числа реактивных топлив и высота некоптящего пламени зависят от их углеводородного и фракционного составов. Наиболее низкие значения этих показателей имеют нафталиновые, нафтено-ароматические и моноциклические ароматические углеводороды, а наиболее высокие, снижающиеся с увеличением молекулярной массы и разветвлением молекулы, — парафиновые. Склонность реактивных топлив к нагарообразованию в значительной мере определяется конструкцией камеры сгорания двигателя.

Удельный расход топлива в реактивных двигателях определяет дальность полета самолета. Он снижается с увеличением полноты сгорания топлива, а также с повышением низшей теплоты его сгорания.

Для различных условий эксплуатации самолетов более важное значение имеет массовая, либо объемная теплота сгорания. Так, поскольку объем топливных баков для самолетов с дозвуковой скоростью полетов строго не ограничен, основное значение имеет массовая теплота сгорания. В сверхзвуковых самолетах, где объем топливных баков жестко лимитирован, превалирующее значение приобретает объемная теплота сгорания. Для всех марок реактивных топлив стандартами и техническими условиями регламентируется массовая теплота сгорания. Значения объемной теплоты сгорания топлива регламентируют косвенно, так как она равна произведению массовой

4 — 1890

1.13. Низшая теплота сгорания углеводородов реактивных топлива, $Q_н^р \cdot 10^{-3}$

Пределы выкипания фракций, °С	Парафиновые углеводороды		Нафтеновые углеводороды		Моноциклические ароматические углеводороды	
	кДж/кг	кДж/л	кДж/кг	кДж/л	кДж/кг	кДж/л
100-150	45,1-43,8	33,2-32,3	43,3-41,8	35,5-31,05	41,6-41,1	35,6-34,3
150-200	44,8-43,9	34,15-31,9	43,5-42,3	36.0-32,2	41,9-40,4	37,5-34,7
200-250	44,6-43,8	35,8-33,7	43,7-42,3	36,3-31,9	41,6-41,3	38,0-36,0
250-300	43,8-43,05	34,6-34,4	43,2-42,3	37,0-32,9	41,8-40,9	39,1-36,2

теплоты сгорания топлива на его плотность. Для топлив, предназначенных для сверхзвуковых самолетов, необходимо иметь более высокие значения объемной теплоты сгорания. Поэтому плотность таких топлив устанавливается на более высоком уровне, чем топлив для самолетов с дозвуковой скоростью полета.

Теплота сгорания топлив определяется углеводородным составом (табл. 1.13). Массовая теплота сгорания обусловливается соотношением водорода и углерода (Н/С): наибольшее для парафиновых и наименьшее для ароматических углеводородов.

Объемная теплота сгорания углеводородов зависит от их массовой теплоты сгорания и плотности. Ароматические углеводороды имеют наиболее высокие значения плотности, особенно нафталиновые, их объемная теплота сгорания существенно выше, чем нафтеновых и парафиновых углеводородов.

Влияние массовой (кДж/кг) и объемной (кДж/л) теплот сгорания реактивных топлив на относительную дальность полета самолета иллюстрируют данные, приведенные в табл. 1.14 (за 100 % принята дальность полета на топливе Т-1, образец 1).

Прокачиваемость — способность бесперебойной подачи топлива в строго определенном объеме. Прокачиваемость реактивных топлив при их перекачках и заправке самолетов, а также прохождение по топливной системе самолета и двигателя, включая фильтруемость через

1.14. Влияние низшей теплоты сгорания на дальность полета

Марка топлива	Плотность, кг/м³	Теплота сгорания		Дальность полета, %
		10^{-3} кДж/кг	10^{-3} кДж/л	
Т-1:				
образец 1	810	42,8	35,5	100
образец 2	800	42,8	34,2	98,8
ТС-1	775	42,8	33,2	95,6

фильтры, определяется в основном вязкостью топлив, наличием в них примесей и воды, образованием паровых пробок в топливной системе самолета (см. выше).

При положительных температурах вязкость реактивных топлив не лимитирует их прокачиваемость. При охлаждении вязкость топлив возрастает и может достичь значений, при которых нормальная заправка самолетов топливом и его подача в двигатель могут быть нарушены. Прокачка высоковязких топлив по топливной системе самолета и двигателя сопровождается высокими гидравлическими потерями, уменьшением подачи подкачивающих топливных насосов, нарушением нормальной работы топливорегулирующей аппаратуры, снижением давления впрыска топлива и ухудшением качества его распыливания в камере сгорания, т.е. снижением полноты сгорания.

Отрицательные последствия высокой вязкости топлива проявляются не только для топлив, предназначенных для дозвуковой авиации, но и для топлив сверхзвуковых самолетов при перекачках и заправке, в условиях взлета и набора высоты, а также в тех случаях, когда температура топлива не успевает повыситься, например, при аэродинамическом нагреве фюзеляжа самолета при сверхзвуковом полете.

Так как конструктивное оформление топливных систем самолетов и двигателей различно, их нормальная работа может лимитироваться разными значениями вязкости топлива. Как правило, вязкость реактивных топлив регламентируют при двух температурах: +20 и -40 °С. Для всех реактивных топлив, кроме топлива Т-6, во избежание повышенного износа топливной аппаратуры, ограничивают нижний предел вязкости при 20 °С.

В виде твердой фазы в топливах могут содержаться механические примеси, представляющие собой продукты коррозионного воздействия топлив на конструкционные материалы, или твердые вещества, образующиеся при окислении нагретого топлива.

При низкой температуре в топливе могут содержаться кристаллы льда или может наблюдаться выпадение кристаллов углеводородов из топлив при их охлаждении, что обусловлено ограниченной растворимостью в топливах н-парафиновых углеводородов. Наличие твердой фазы в топливе отражается прежде всего на его фильтруемости, определяемой как размерами частиц твердой фазы, так и величиной пор фильтрующего элемента и конструкцией фильтра.

Температура, при которой из реактивных топлив выделяются кристаллы н-парафиновых углеводородов — *температура начала*

кристаллизации — зависит от содержания и температуры плавления н-парафиновых углеводородов.

Реактивные топлива, получаемые из нефтей парафинового основания и содержащие в связи с этим повышенное количество н-парафиновых углеводородов по сравнению с топливами, вырабатываемыми из нефтей нафтенового основания, при одинаковом фракционном составе имеют более высокую температуру начала кристаллизации. Этим обстоятельством, прежде всего, и объясняется более низкая температура конца кипения топлива ТС-1 (не выше 250 °С), получаемого, как правило, из сернистых парафинистых нефтей.

Максимально допустимая температура начала кристаллизации реактивных топлив обусловлена условиями их применения и конструкцией топливной системы самолетов. На самолетах с дозвуковой скоростью полета топливо охлаждается во время полета, и степень охлаждения зависит от исходной температуры топлива, длительности и высоты полета (температуры окружающей среды), а также от места расположения топливных баков (фюзеляжные, крыльевые или консольные, подвесные).

При заправке самолетов топливом, имеющим температуру в пределах -5...+17 °С, после 5-часового полета самолета температура топлива снижалась максимум до -35 °С. Более низкие значения минимальной температуры топлива были зафиксированы при полетах самолетов ИЛ-62М и ТУ-154 на внутрисоюзных линиях — -42 °С в расходном баке самолета ТУ-154 и -48 °С в расходных баках, питающих крайние двигатели самолета ИЛ-62М. Температура топлив, предназначенных для сверхзвуковых самолетов, в полете повышается, и только при их заправке, а также при взлете и наборе высоты она равна температуре окружающей среды.

Кристаллы льда могут образовываться в реактивных топливах при отрицательных температурах в результате замерзания воды, присутствующей в топливе в эмульсионном или растворенном состоянии, либо конденсирующейся из воздуха на поверхности топлива. Кристаллы льда могут также попадать в топливо извне в виде инея, осыпающегося со стенок резервуаров и баков самолета. При подаче топлива по топливной системе самолета кристаллы льда задерживаются на топливном фильтре и, накапливаясь, вначале частично, а затем полностью забивают его, и подача топлива в камеру сгорания нарушается или прекращается. Забивка фильтров кристаллами льда зависит от содержания воды в топливе и размера пор самолетных фильтров:

Размер пор фильтров, мкм	12-16	20-30	40-50	100
Содержание H_2O, при котором фильтры забиваются кристаллами льда, % (мас. доля)	0,0020	0,0035	0,0065	0,0100

Растворимость воды в топливах зависит от их углеводородного и фракционного состава и от температуры. Наибольшую растворимость имеют ароматические углеводороды и наименьшую — парафиновые; с увеличением молекулярной массы углеводородов растворимость воды в них понижается и наиболее интенсивно в ароматических углеводородах. С повышением температуры топлив растворимость воды в них возрастает и тем в большей степени, чем выше температура топлива. Для предотвращения образования кристаллов льда в процессе эксплуатации самолета применяют антиводокристаллизационные присадки.

Механические примеси или микрозагрязнения в реактивных топливах в условиях эксплуатации авиационной техники могут засорять и заклинивать прецизионные пары топливорегулирующей аппаратуры, забивать топливные фильтры и форсунки, способствовать увеличению отложений в агрегатах топливных систем, повышать абразивный износ деталей топливных агрегатов, усиливать коррозию топливного оборудования, оказывать каталитическое воздействие на окисление топлива в зонах повышенных температур, способствовать накоплению статического электричества при перекачках и фильтровании топлива.

Загрязнение топлива механическими примесями может иметь место на нефтеперерабатывающих предприятиях (примеси, попадающие из нефти в процессе ее переработки, продукты коррозии оборудования), при транспортировании (продукты коррозии стенок железнодорожных цистерн, загрязнения, попадающие в цистерны из воздуха при наливе и сливе топлива), на аэродромных складах горючего.

Состав механических примесей в топливах непостоянен и определяется источниками загрязнений. В состав неорганической части (62–74 %) входят продукты коррозии и износа (Fe, Sn, Cu, Ti, Mn, Cd), почвенная пыль, в которой присутствуют Si, Ca, Mg, Al и Na. Органическая часть загрязнений (22–30 %) состоит из смолистых веществ, твердых продуктов окисления топлив, ингредиентов резиновых технических изделий и герметиков и в основном содержит углерод, кислород и водород. Механические примеси включают до 4–8 % воды. Для удаления воды и загрязнений топлива фильтруют на нефтеперерабатывающих предприятиях, в аэродромных условиях и в топливной системе самолетов.

Склонность к образованию отложений. Отложения в реактивных топливах — это продукты различного характера, образующиеся в результате окислительных процессов, которые протекают в топливе при разных температурах. В реактивных топливах практически нет непредельных углеводородов, и склонность их к окислению при температуре окружающей среды, имеющей место при длительном хранении топлив, или их химическая стабильность обусловливается степенью окисления углеводородов других классов, а также наличием в них гетероатомных соединений (серу-, кислород- и азотсодержащих). Склонность топлив к окислению при повышенных температурах с образованием таких продуктов, прежде всего осадков, характеризуется термоокислительной стабильностью*.

Термоокислительная стабильность прямогонных реактивных топлив улучшается при удалении из них гетероатомных соединений в результате гидроочистки. Однако при гидроочистке из топлива удаляется не только основная масса соединений серы (меркаптаны — полностью), но и природные антиоксиданты, в результате химическая стабильность топлива ухудшается: повышается склонность его к окислению в условиях хранения и при повышенных температурах. Степень окисления гидроочищенных топлив определяется их углеводородным составом; наиболее склонны к окислению нафтеноароматические углеводороды и углеводороды с третичным атомом углерода в молекуле. Первичными продуктами окисления, как правило, являются гидропероксиды, которые быстро, особенно при повышенных температурах, подвергаются дальнейшему окислению с образованием растворимых в топливе кислородсодержащих соединений нейтрального и кислотного характера.

Несмотря на то что при окислении реактивных топлив, полученных гидрогенизационными процессами, твердые осадки не образуются, длительному хранению и применению такие топлива (без присадок) не подлежат. Это связано с тем, что образующиеся гидропероксиды разрушают резиновые технические изделия и герметики, используемые в топливной системе самолетов, а кислотные продукты корродируют конструкционные материалы.

* Используемый в стандартах на реактивные топлива термин «термическая стабильность» является условным, так как при отсутствии кислорода топлива при температурах до 200–250 °С разложению не подвергаются.

Оценивают термоокислительную стабильность реактивных топлив в статических и динамических условиях. В комплексе методов квалификационной оценки для топлив ТС-1 и Т-1 установлены менее жесткие по сравнению с топливами РТ, Т-8В и Т-6 нормы по термоокислительной стабильности, определяемой как в статических условиях (масса осадка, прибор ТСРТ-2, ГОСТ 11802–88), так и в динамических (перепад давления на фильтре и отложения на трубке, установка ДТС-1, ГОСТ 17751–79).

Косвенным показателем, характеризующим термоокислительную стабильность реактивных топлив, является содержание в них фактических смол (по массе остатка в стаканчике после испарения топлива в струе воздуха или водяного пара). В зависимости от марки топлива оно не должно превышать 3–6 мг/100 см^3.

Окисление топлив при повышенных температурах ускоряется вследствие каталитического воздействия металлов и сплавов, применяемых для изготовления топливных агрегатов, особенно меди, бронзы и латуни. Наиболее «опасная» температурная зона, в пределах которой масса осадков, образующихся при окислении топлив, и скорость забивки ими фильтров максимальные — от 140 до 190 °С (рис. 1.1).

Совместимость с материалами. Реактивные топлива при их хранении, транспортировании и применении могут корродировать материалы (металлы и сплавы), воздействовать на резиновые технические изделия и герметики, применяемые в топливной системе самолетов. Коррозионное воздействие на стенки камеры сгорания и лопатки газовой турбины или газовую коррозию способны оказывать и продукты сгорания реактивных топлив.

Коррозионная агрессивность топлива зависит от характера и количества гетероатомных соединений, в том числе серусодержащих, температуры и продолжительности контакта топлива с материалами.

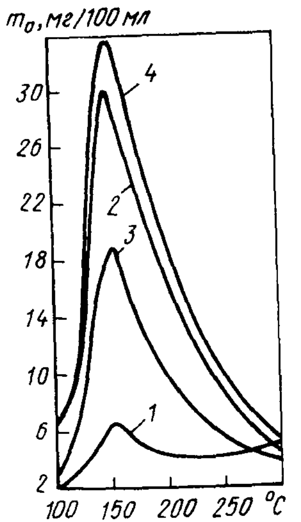


Рис. 1.1. Зависимость термоокислительной стабильности (по массе осадка m_0 при окислении в бомбе) реактивных топлив от температуры:
1 — ТС-1; *2* — Т-1; *3* и *4* — соответственно ТС-1 и Т-1 в присутствии бронзы

Влияние свободной серы и меркаптанов на коррозионную агрессивность реактивных топлив при 120 °С иллюстрируется следующими данными:

Топливо	ТС-1			Т-2
Содержание серы/меркаптанов, %	0,001/0,002	0,001/0,003	0,004/0,002	0,004/0,003
Коррозия бронзы ВБ-23НЦ, г/м²	0,5	0,8	7,2	6,5

Наибольшему коррозионному воздействию меркаптанов подвергаются медь и ее сплавы. С повышением температуры коррозионная агрессивность меркаптанов возрастает. Ввиду высокой коррозионной агрессивности меркаптанов их содержание в реактивных топливах строго ограничивается.

Под влиянием органических кислот, содержащихся в топливах, в большей степени корродируют медь и ее сплавы, затем цинк, магний и низколегированные стали. Алюминий и дюралюминий кислотной коррозии не подвергаются.

Электрохимическая коррозия материалов реактивными топливами имеет место при наличии в них нерастворенной или эмульсионной воды, выпадающей из топлива при его охлаждении.

Электрохимическая коррозия стенок и днища резервуаров и выполненных из стали деталей топливных агрегатов проявляется в виде отдельных пятен ржавчины, местных потемнений и незначительных по глубине очагов. Коррозия сталей сопровождается образованием мелкодисперсных коричневых частиц, состоящих в основном из гидроксида железа. Эти твердые частицы находятся во взвешенном состоянии, но, оседая, могут забить фильтры и топливные агрегаты, а также заклинить плунжерные пары топливных насосов.

Наличие в реактивном топливе эмульсионной воды при повышенных температурах (40–50 °С) является также причиной биохимической коррозии, обусловленной присутствием в топливе микроорганизмов. Максимальный рост микроорганизмов, как правило, наблюдается на поверхности раздела воды и топлива. Наиболее характерна биохимическая коррозия для топливных отсеков, на стенках которых обнаруживается коричневый слизистый осадок, представляющий собой микрозагрязнения топлив, воду и бактерии. При этом наблюдается разрушение полимерных защитных покрытий топливных отсеков и питтинговая коррозия на поверхности алюминия, иногда настолько глубокая, что топливо просачивается и обнаруживается на поверхности крыла.

Газовая коррозия, химическая по характеру, обусловлена наличием в продуктах сгорания топлива диоксида серы и оксидов ванадия, молибдена и натрия.

Скорость газовой коррозии и температура, при которой она начинается, зависят от содержания серы в топливе:

Содержание серы в топливе, %	0,01	0,015	0,07	0,13	0,1
Скорость коррозии, г/(м²·ч)	0,75	1,25	2,10	4,90	4,90
Температура начала коррозии, °С	1040	1030	1015	965	960

Наличие ванадия в реактивном топливе приводит к газовой коррозии лопаток турбины.

Соединения натрия могут попадать в топливо вследствие недостаточной промывки его водой после щелочной очистки, применяемой в отдельных случаях для снижения кислотности топлива или удаления из него сероводорода. Присутствие соединений ванадия возможно в топливах, полученных прямой перегонкой нефти; соединения молибдена, а также кобальта, никеля и цинка могут попасть в реактивные топлива, прошедшие обработку в присутствии катализаторов, содержащих эти элементы. В комплексе методов квалификационной оценки реактивных топлив предусмотрено спектральное определение перечисленных элементов и установлено предельно допустимое их содержание (не более 10^{-5} %).

Воздействие реактивных топлив на резиновые технические изделия, применяемые в топливной системе самолетов и двигателей (манжеты, втулки, прокладки и др.), и герметики, приводящее к их старению (потеря эластичности и формы, появление трещин и выкрашивание), отмечается в присутствии гидропероксидов — продуктов окисления топлив. Антиокислители, присутствующие в гидрогенизационных топливах предотвращают окислительные процессы в топливах, тем самым и воздействие их на резиновые технические изделия и герметики. Можно применять более стойкие к окислению резины. В соответствии с комплексом методов квалификационной оценки степень воздействия топлива на резиновые технические изделия и тиоколовые герметики оценивают по пределу прочности и относительному удлинению резины, ее работоспособности, а также изменению твердости герметика.

Противоизносные свойства. В процессе эксплуатации реактивных двигателей возможен повышенный износ деталей и узлов агрегатов топливной аппаратуры, связанный с трением, абразивным воздействием топливной среды и кавитацией.

Повышенный износ деталей топливных насосов-регуляторов (качающего узла и регулирующей части) увеличивает зазор в прецизионных парах и приводит к утечке топлива через зазоры, при этом

снижается подача насосов и изменяется режим работы двигателя. Износ сфер плунжеров топливных насосов-регуляторов плунжерного типа, установленных на двигателях большинства типов самолетов, — наиболее характерный дефект. Поверхность сфер срабатывается вплоть до образования заусенцев на краях поверхности плунжера и скалываний. Чрезмерный износ сфер плунжеров приводит к снижению максимальной подачи насоса, неравномерности подачи топлива и дополнительным нагрузкам, сокращающим срок службы насоса-регулятора.

Износ поверхностей трения деталей и узлов агрегатов топливной аппаратуры предотвращается при надежной смазке, осуществляемой самим топливом. В связи с этим топливо должно обладать хорошими смазывающими, или противоизносными свойствами, обеспечивающими длительный ресурс топливной аппаратуры реактивных двигателей.

Противоизносные свойства предусмотрено контролировать комплексом методов квалификационной оценки.

Оценивают противоизносные свойства на модельных установках: на лабораторном стенде с узлом трения на основе насоса-регулятора НР-21Ф-2 (для топлив всех марок), на приборах УПС-01 и ПСГ-2 и на стенде СИССТ-1 (только для гидрогенизационных топлив).

Противоизносные свойства реактивных топлив зависят от вязкости топлив, содержания в них меркаптанов и обусловливаются наличием поверхностно-активных веществ, способных адсорбироваться на поверхности пар трения, предотвращая их износ.

Вязкость реактивных топлив в пределах 1,26–1,98 мм²/с (при 20 °С) практически не влияет на их противоизносные свойства, при вязкости менее 1,26 мм²/с (при 20 °С) противоизносные свойства топлива заметно ухудшаются.

Хорошие противоизносные свойства реактивных топлив обусловливаются, прежде всего, наличием в них гетероатомных соединений, часть которых, особенно соединения кислотного характера, обладает поверхностно-активными свойствами. С этой точки зрения нежелательно удаление из топлива гетероатомных соединений. Однако последние при повышенных температурах (>100 °С) легко окисляются с образованием осадков, т.е. являются основной причиной низкой термоокислительной стабильности реактивных топлив, получаемых прямой перегонкой нефти. Для ее улучшения, а часто и для обессеривания прямогонные топлива подвергают гидроочистке. В результате ухудшаются их противоизносные свойства и химическая стабильность (табл. 1.15).

1.15. Влияние гидроочистки топлив на их противоизносные свойства (по междуведомственному методу)

Номер образца топлива	Износ плунжера, мм	Вязкость, мм²/с	Объемная доля, %				
			углеводородов			меркаптанов	серы общей
			нафтеновых	парафиновых	ароматических		
Топливо ТС-1							
1	0,47	1,39	28,3	57,3	14,4	0,0010	0,080
2	0,43	1,34	40,8	43,3	15,9	0,0023	0,038
3	0,44	1,38	39,1	45,9	15,0	0,0030	0,060
4	0,43	1,34	46,9	41,6	11,5	0,0060	0,020
Топливо ТС-1 гидроочищенное							
1	0,76	1,27	21,7	56,3	16,0	0,0002	0,001
2	0,57	1,32	-	-	-	0,0002	0,001

Поэтому прямогонные топлива ТС-1 имеют лучшие противоизносные свойства, чем гидроочищенные (при гидроочистке не только удаляется значительная часть гетероатомных соединений, но изменяется их структура, в результате чего их поверхностно-активные свойства менее выражены). Топливо РТ содержит 0,003 % присадки «К», вводимой в гидрогенизационные топлива для улучшения их противоизносных свойств.

В трибохимических процессах участвует кислород, растворенный в топливе и содержащийся в гетероциклических соединениях. Увеличение содержания растворенного в топливе кислорода усиливает интенсивность окисления поверхностей трения, что приводит к увеличению их износа. Закономерное улучшение противоизносных свойств топлив при их деаэрации или азотировании подтверждается результатами испытаний топлив на насосах НР-21Ф2 по междуведомственному методу (табл. 1.16).

С увеличением высоты полета массовое содержание растворенного кислорода снижается, и противоизносные свойства топлив улучшаются.

1.16. Результаты испытаний топлив

Показатели	Т-7	Т-7 азотированное	
Содержание кислорода, % (об.)	4,4	1,0-1,4	0,4-0,6
Износ плунжера, мм	0,76	0,49	0,15
Износ наклонной шайбы, мм	0,17	0,17	0,025

Однако в мировой практике эффективное улучшение противоизносных свойств топлив достигается применением специальных присадок.

Электрические свойства топлива определяют пожаробезопасность процесса заправки им топливозаправщиков и летательных аппаратов и работу топливоизмерительной аппаратуры.

Случаи взрывов и пожаров, возникающих при эксплуатации авиационной техники из-за разрядов статического электричества, зарегистрированы как в России, так и за рубежом.

В связи с тем, что реактивные топлива состоят, в основном, из соединений, которые неполярны или слабополярны, топлива являются практически диэлектриками, т.е. плохо проводят электрический ток. Это качество топлива определяет способность к накоплению зарядов в его объеме при перекачке.

Заряды возникают при наличии в топливе незначительных количеств полярных соединений и воды. Осушенные и очищенные от полярных соединений углеводороды и топлива практически не электризуются. Однако топлива такой степени очистки на практике в обращение не поступают, и все товарные топлива представляют потенциальную опасность искрообразования от статического электричества.

Электрические свойства топлива в значительной степени определяются удельной электрической проводимостью, которая для товарных реактивных топлив выражается в единицах пикоСименс/метр (1 пСм/м = 10^{-12} Ом$^{-1}$·м$^{-1}$). Электропроводность реактивных топлив не является величиной постоянной, а зависит от температуры и увеличивается с ее ростом (рис. 1.2). Для товарных стандартных топлив она не превышает 10 пСм/м.

Установлено, что наибольшую опасность от разрядов статического электричества представляют товарные топлива с электропроводностью 4–7 пСм/м.

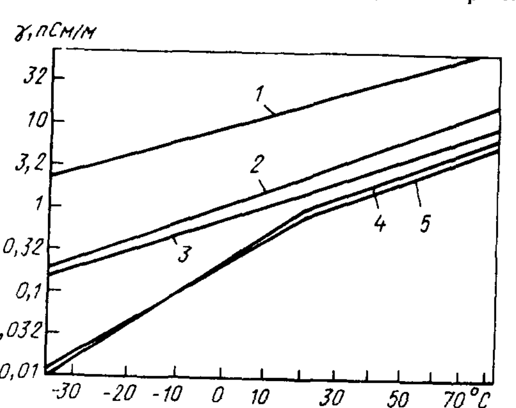


Рис. 1.2. Зависимость электропроводности γ реактивных топлив от температуры:
1 — Т-1; *2* — РТ; *3* — ТС-1; *4* — Нафтил; *5* — Т-6

Топлива с таким уровнем электропроводности не обеспечивают безопасность перекачки, заправки летательных аппаратов. При движении такого топлива по трубопроводам происходит его электризация, образование в нем электрического заряда, который в силу малой проводимости топлива не релаксируется, а переносится в топливный бак и приводит к накоплению в объеме перекаченного топлива опасного уровня статического электричества, в ряде случаев бывает достаточно, чтобы вызвать электрический разряд.

Основными критериями, характеризующими степень электризации, являются напряженность электрического поля поверхности топлива в баке и величина заряда, перенесенного в разряде (Q, мкКл), а также объемная плотность заряда ($\rho_т$, мкКл/м^3). Чем больше электропроводность топлива, тем быстрее релаксируется заряд и его накопление не происходит:

Электропроводность, пСм/м	0,1	1,0	10	100	1000
Время релаксации, с	184,8	18,48	1,848	0,1848	0,0184

При прочих равных условиях электризация возрастает с повышением скорости перекачки и степени фильтрации.

На рис. 1.3 приведена характерная зависимость электризации топлива от скорости прокачки.

С целью обеспечения пожаробезопасности от статического электричества введены ограничения на скорости перекачки реактивных топлив.

По данным В.Н. Гореловой и В.В. Малышева, максимально допустимая скорость заправки авиатехники топливом составляет: для топлива Т-2 — 500 л/мин, ТС-1 и РТ — 700 л/мин, Т-8 и Т-8В — 1100 л/мин, Т-6 — не ограничена.

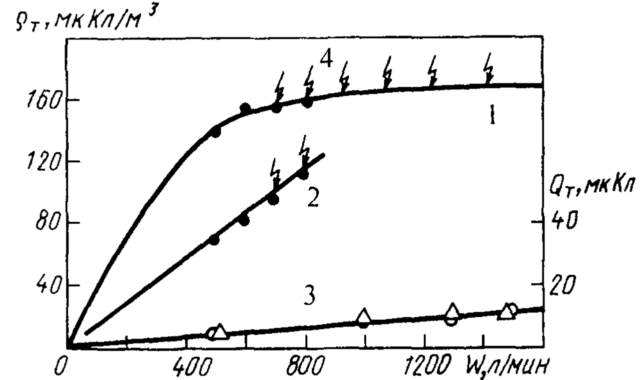


Рис. 1.3. Зависимость объемной плотности заряда $\rho_т$ и установившегося заряда $Q_т$ в баке от скорости прокачки топлива W:
1 — исходное топливо без присадки;
2 — установившийся заряд в баке при прокачке исходного топлива; *3* — топливо с присадкой Сигбол (0,0002%);
4 — зафиксированные электрические заряды

Основная электризация происходит на фильтрах, особенно на фильтрах тонкой очистки. Электризация топлива при фильтрации может возрастать в 200 раз. Поэтому с повышением требований к чистоте топлива, т.е. с увеличением тонкости фильтрации опасность воспламенения топливо-воздушных смесей от разрядов статического электричества значительно возрастает.

Существуют различные технические способы защиты от статического электричества: нейтрализаторы, азотирование воздушных подушек над топливом, антиэлектризующие фильтры. Однако они лишь локально решают проблему.

Единственным способом, *обеспечивающим* и *гарантирующим* безопасность прокачки топлив и заправки авиатехники и танкеров, является применение антистатических присадок.

Ассортимент, качество и состав реактивных топлив

Реактивные топлива вырабатывают для самолетов дозвуковой авиации по ГОСТ 10227–86 и для сверхзвуковой авиации по ГОСТ 12308–89. Согласно ГОСТ 10227–86 предусмотрено производство пяти марок топлива: ТС-1, Т-1, Т-1С, Т-2 и РТ (табл. 1.17). По ГОСТ 12308–89 производят две марки топлива: Т-6 и Т-8В.

Массовыми топливами в настоящее время практически являются топлива двух марок: ТС-1 (высшего и первого сортов), РТ (высшей категории качества).

Основное сырье для производства массовых реактивных топлив — среднедистиллятная фракция нефти, выкипающая в пределах температур 140–280 °С.

Топливо ТС-1. В зависимости от качества перерабатываемой нефти (содержания меркаптанов и общей серы в дистиллятах) топливо получают либо прямой перегонкой, либо в смеси с гидроочищенным или демеркаптанизированным компонентом (смесевое топливо). Содержание гидроочищенного компонента в смеси не должно быть более 70 % во избежание значительного снижения противоизносных свойств. Гидроочистку используют, когда в керосиновых дистиллятах нефти содержание общей и меркаптановой серы не соответствует требованиям стандарта, демеркаптанизацию — когда только содержание меркаптановой серы не соответствует требованиям стандарта. Из процессов демеркаптанизации практическое применение в нашей стране и за рубежом нашел процесс «Мерокс» и его модификации. В процессе

1.17. Характеристики реактивных топлив

Показатели	ТС-1*	Т-1	Т-1С	Т-2	РТ	Т-6	Т-8В
Плотность при 20 °С, кг/м³, не менее	780 (775)	800	810	755	775	840	800
Фракционный состав:							
температура начала перегонки, °С:							
не ниже	-	-	-	60	135	195	165
не выше	150	150	150	-	155	-	-
отгоняется при температуре, °С, не выше:							
10 %	165	175	175	145	175	220	185
50 %	195	225	225	195	225	255	Не нормируется
90 %	230	270	270	250	270	290	Не нормируется
98 %	250	280	280	280	280	315	280
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:							
20 °С, не менее	1,30 (1,25)	1,50	1,50	1,05	1,25	≤ 4,5	≥1,5
-40 °С, не более	8	16	16	6	16	60	16
Низшая теплота сгорания, кДж/кг, не менее	43120 (42900)	42900	42900	43100	43120	42900	42900
Высота некоптящего пламени, мм, не менее	25	20	20	25	25	20	20
Кислотность, мг КОН/100 см³ топлива	≤ 0,7	≤ 0,7	≤ 0,7	≤ 0,7	0,2-0,7	0,4-0,7	0,4-0,7
Йодное число, г I_2/100 г топлива, не более	2,5 (3,5)	2,0	2,0	3,5	0,5	0,8	0,9
Температура, °С:							
вспышки в закрытом тигле, не ниже	28	30	30	-	28	62	45
начала кристаллизации, не выше	-60	-60	-60	-60	-55	-60	-50
Термоокислительная стабильность в статических условиях при 150 °С, не более:							
содержание осадка, мг/100 см³ топлива	18	35	6	18	6	6	6
содержание растворимых смол, мг/ 100 см³ топлива	-	-	-	-	30	60	-
содержание нерастворимых смол, мг/100 см³ топлива	-	-	-	-	3	Отсутствие	-
содержание фактических смол, мг/100 см³, не более	3(5)	6	6	5	4	4	4

1.17. Характеристики реактивных топлив (продолжение)

Показатели	ТС-1*	Т-1	Т-1С	Т-2	РТ	Т-6	Т-8В
Массовая доля, %, не более:							
ароматических углеводородов	22	20	20	22	22	10	22
общей серы	0,20 (0,25)	0,10	0,10	0,25	0,10	0,05	0,10
меркаптановой серы	0,003 (0,005)	-	0,001	0,005	0,001	Отсутствует	0,001
нафталиновых углеводородов	-	-	-	-	1,5	0,5	2,0
Зольность, %, не более	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Люминометрическое число, не ниже	-	-	-	-	50	45	50
Термоокислительная стабильность динамическим методом при 150-180 °С:							
перепад давления на фильтре за 5 ч, кПа, не выше	-	-	-	-	10	10	10
отложения на подогревателе, баллы, не более	-	-	-	-	2	1	1
Взаимодействие с водой, баллы, не более:							
состояние поверхности раздела	1	-	-	-	1	1	1
состояние разделенных фаз	1	-	-	-	1	1	1
Удельная электрическая проводимость, пСм/м:							
при температуре заправки техники, не менее	50	-	-	50	50	-	50
при 20 °С, не более	600	-	-	600	600	-	600
Давление насыщенных паров, гПа, не более	-	-	-	133	-	-	-

* В скобках приведены значения показателей для ТС-1 первого сорта, отличные от значений для высшего сорта.

Примечания. 1. Для всех топлив: содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, мыл нафтеновых кислот, механических примесей и воды — отсутствие; испытание на медной пластинке при 100 °С в течение 4 ч — выдерживает.

2. Удельная электрическая проводимость нормируется только для топлив, содержащих антистатическую присадку «Сигбол».

3. Топлива ТС-1 высшего и первого сорта, Т-2 и РТ, предназначенные для применения во всех климатических зонах, за исключением района I_1 (по ГОСТ 16350-80), допускается вырабатывать с температурой начала кристаллизации не выше -50 °С. Допускается применять в климатическом районе I_1 (ГОСТ 16350-80) топлива ТС-1 и РТ с температурой начала кристаллизации не выше -50 °С при температуре воздуха у земли не ниже -30 °С в течение 24 ч до вылета. Топливо для применения в климатическом районе I_1 с температурой начала кристаллизации не выше -55 °С (РТ) и -60 °С (ТС-1) вырабатывают по требованию потребителей.

4. Топливо Т-1С предназначено для специального потребления.

5. В топливе после длительного хранения (более 3 лет) допускается отклонение от норм, указанных в табл. 1.17: по кислотности — на 0,1 мг КОН/ 100 см^3 топлива; по содержанию фактических смол — на 2 мг/100 см^3 топлива; по количеству осадка при определении термоокислительной стабильности в статических условиях — на 2 мг/100 см^3 топлива.

«Мерокс» общее количество серы не уменьшается, при этом содержащиеся в дистиллятах меркаптаны окисляются в дисульфиды кислородом воздуха в присутствии специального катализатора. Процесс идет в щелочной среде.

Топливо Т-1 — продукт прямой перегонки малосернистых нефтей нафтенового основания с пределами выкипания 130–280 °С. Содержит большое количество нафтеновых кислот и имеет высокую кислотность, поэтому его подвергают защелачиванию с последующей водной промывкой (для удаления образующихся в результате защелачивания натриевых мыл нафтеновых кислот).

Наличие значительного количества гетероатомных соединений, в основном кислородсодержащих, обусловливает, с одной стороны, относительно хорошие противоизносные свойства и достаточно приемлемую химическую стабильность топлива, с другой — низкую термоокислительную стабильность.

Длительный опыт применения топлива Т-1 в авиации показал, что вследствие его низкой термоокислительной стабильности имеют место повышенные смолистые отложения в двигателе НК-8, установленном на основных типах самолетов гражданской авиации (ТУ-154, ИЛ-62, ИЛ-76), в результате чего резко (почти в 2 раза) сокращаются сроки службы двигателя. Производство топлива Т-1 очень ограничено, и его вырабатывают только по первой категории качества.

Топливо Т-2 (первой категории качества) — продукт прямой перегонки широкого фракционного состава, выкипающий при температуре от 60 до 280 °С; содержит до 40 % бензиновой фракции, что обусловливает высокое давление его насыщенных паров и низкие вязкость и плотность.

Повышенное давление насыщенных паров топлива Т-2 создает опасность образования паровых пробок в топливной системе самолета, что ограничивает высоту его полета.

Низкая вязкость обусловливает плохие противоизносные свойства топлива, что ограничивает срок службы топливных агрегатов, а низкая плотность ограничивает дальность полетов. Топливо Т-2 является резервным по отношению к топливам ТС-1 и РТ.

Топливо РТ получают, как правило, гидроочисткой прямогонных дистиллятов с пределами выкипания 135–280 °С. В качестве сырья для гидроочистки используют дистилляты, из которых нельзя получить топливо ТС-1 из-за повышенного сверх нормы содержания общей и меркаптановой серы.

5 — 1890

При гидроочистке из нефтяного дистиллята удаляются агрессивные и нестабильные соединения, содержащие серу, азот и кислород, при этом повышается термическая стабильность, как было указано ранее, и снижается коррозионная агрессивность топлива.

Для улучшения пониженных в результате применения гидрогенизационных процессов химической стабильности и противоизносных свойств в топливо вводят антиокислительные и противоизносные присадки.

При переработке малосернистых западно-сибирских нефтей топливо РТ может быть получено прямой перегонкой с введением антиокислительной и противоизносной присадок для сохранения высокого уровня эксплуатационных показателей.

Топливо РТ полностью соответствует требованиям, предъявляемым к реактивным топливам высшей категории качества, и находится на международном уровне, превосходя его по отдельным эксплуатационным свойствам. Оно имеет высокие противоизносные свойства, химическую и термоокислительную стабильность, не агрессивно в отношении конструкционных материалов, практически не содержит меркаптанов и содержит менее 0,02 % общей серы, может храниться до 10 лет без изменения качества и полностью обеспечивает ресурс работы двигателя.

Характеристики реактивных топлив, предназначенных для сверхзвуковой авиации, — топлив Т-6 и Т-8В, вырабатываемых по ГОСТ 12308–80, приведены в табл. 1.17.

Топливо Т-6 получают, применяя процессы глубокого гидрирования.

Топливо Т-8В получают из дистиллятов прямой перегонки нефти с применением процесса гидроочистки. При переработке малосернистых нефтей топливо может быть получено прямой перегонкой нефти.

В топливо Т-6 и Т-8В для улучшения химической стабильности и повышения противоизносных свойств вводят присадки: антиокислительную Агидол-1 — 0,003–0,004 % (мас. доля) и противоизносную «К» — 0,002–0,004 % (мас. доля).

Отечественные марки топлив не уступают по качеству топливам других стран (табл. 1.18), а по некоторым показателям превосходят их.

Присадки к реактивным топливам

Для отечественных реактивных топлив допущено ограниченное число присадок: антиокислительная (Агидол-1), противоизносные

1.18. Основные показатели качества зарубежных топлив

Показатели	Джет А (А-1) ASTM D-1655	JP-5 Mil-T
Плотность при 20 °С, кг/м³, не менее	775-840 (15 °С)	775-840
Фракционный состав:		
10 % отгоняется при температуре, °С	204	205
98 % отгоняется при температуре, °С	300	300
Высота некоптящего пламени, мм, не менее	20-25	19
Температура начала кристаллизации, °С, не выше	-47	-46
Объемная доля ароматических углеводородов, %, не более	25	25
Массовая доля, %, не более:		
общей серы	0,3	0,4
меркаптановой серы	0,003	0,001

(ДНК — дистиллированные нефтяные кислоты и Хайтек-580 фирмы «Этил»), антистатическая (Сигбол), противоводокристаллизационные (ПВК) — жидкости И, ТГФ, ТГФ-М. Это объясняется высокими требованиями, предъявляемыми к присадкам, и чрезвычайно дорогостоящими и длительными испытаниями присадок для принятия решения о допуске.

Основные требования, предъявляемые к присадке для реактивных топлив: она должна быть высокоэффективной, т.е. вводиться в малых концентрациях и при этом не ухудшать качество топлива по остальным показателям, сохранять свою эффективность длительное время как в чистом виде, так и в растворе топлива.

Антистатические и противоводокристаллизационные присадки общего назначения допущены практически для всех топлив, антиокислительные и противоизносные — только для топлив РТ, Т-8В, Т-6, полученных гидрогенизационными процессами, для сохранения высокого уровня эксплуатационных свойств.

Противоводокристаллизационные присадки (табл. 1.19) вводятся в топливо для предотвращения образования кристаллов льда и растворения инея (до 0,3 % в зависимости от температуры топлива) непосредственно на местах при заправке самолета. В качестве таких присадок широко используют этилцеллозольв (жидкость «И») по ГОСТ 8313–88, тетрагидрофурфуриловый спирт (ТГФ) по ГОСТ 17477–86 и их 50 %-ные смеси с метанолом (присадки И-М и ТГФ-М). Их вводят преимущественно в зимнее время, а летом — в тех случаях, когда продолжительность полета самолета превышает 5 ч и топливо успевает охладиться до отрицательных температур.

1.19. Основные свойства противоводокристаллизационных присадок

Показатели	ТГФ	Жидкость «И»
Плотность при 20 °С, г/см³	1,0495-1,0640	0,930-0,935
Показатель преломления	1,450-1,454	1,407-1,409
Массовая доля, %:		
фурфурилового спирта	0,40	-
фурфурола	0,015	-
этилцеллозольва, не менее	-	95

Присадки такого типа широко применяют за рубежом.

Антиокислительные присадки (ингибиторы окисления) вводят только в гидроочищенные топлива, поскольку при гидрогенизационной обработке из топлив удаляются природные антиокислители — гетероатомные соединения. Для повышения химической стабильности гидрогенизационных топлив (РТ, Т-8В, Т-6) антиоксиданты вводят в топлива на местах производства. В России для этих целей применяют присадку Агидол-1 (2,6-ди-трет-бутил-4-метилфенол) по ТУ 38 5901237–90 в концентрации 0,003–0,004 % (мас. доля) (табл. 1.20). В таких концентрациях он полностью предотвращает окисление гидрогенизационных топлив, в том числе при повышенных температурах (до 150–160 °С).

Степень окисления гидроочищенного реактивного топлива при его хранении в течение 50 сут при 60 °С иллюстрируется данными, приведенными в табл. 1.21 (числитель — для топлива без присадки, знаменатель — для топлива с добавкой 0,003 % Агидола).

Антиокислительные присадки широко применяют за рубежом. В соответствии с сертификатом на топливо допущен к применению большой перечень антиоксидантов, в том числе аналог присадки Агидол-1 — присадка «ионол». По эффективности действия они равнозначны.

1.20. Основные характеристики присадки Агидол-1

Показатели	Высший сорт	Первый сорт
Внешний вид	Белый кристаллический однородный порошок без посторонних примесей	
Температура конца плавления, °С	69,8-70,0	69,5-69,7
Разность температур между началом и концом плавления, °С, не более	0,4	1,0

1.21. Степень окисления гидроочищенного реактивного топлива

Длительность хранения, сут	Содержание гидропероксидов, 10^4 моль/л	Кислотность, мг КОН/100 см³	Содержание адсорбционных смол, мг/100 см³
Исходное топливо	0,88	0,54	13
12	10,80/1,30	0,89/0,58	43/15
24,5	48,25/1,80	1,34/0,68	64/20
35,5	87,50/5,00	1,60/0,70	310/20
48,5	142,00/6,25	4,60/0,75	595/20

Противоизносные присадки предназначены для восстановления смазочных свойств топлив, подвергнутых гидрогенизационной обработке. Их вводят в топлива на НПЗ вместе с антиокислительной присадкой Агидол-1.

В качестве противоизносных рекомендованы присадки Сигбол (ТУ 38.101741-78) и композиция присадок Сигбол и ПМАМ-2 (полиметакрилатного типа, ТУ 601407–69).

Присадка Сигбол по эффективности значительно превосходит присадку ПМАМ-2. Противоизносные свойства присадки Сигбол заметно проявляются уже при ее содержании в топливе, равном 0,0005 % (мас. доля) (рис. 1.4; испытания проведены на полномасштабном стенде в течение 100 ч).

Однако повышенное содержание [св. 0,0005 % (мас. доля)] присадки Сигбол приводит к возрастанию электропроводности (>1000 пСм/м) и влияет на работу топливоизмерительной аппаратуры на борту самолета.

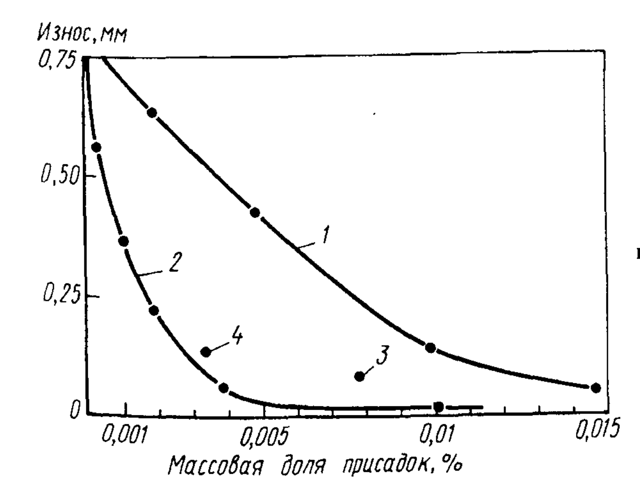


Рис. 1.4. Влияние содержания присадок на противоизносные свойства гидроочищенного реактивного топлива:
1 — присадка ПМАМ-2;
2 — присадка Сигбол;
3 — 0,008 % ПМАМ-2 и 0,0005 % Сигбол;
4 — 0,003 % «К» и 0,0005 % Сигбол

Композиция присадок: 0,008 % ПМАМ-2 и 0,0005 % Сигбол обеспечивает хорошие противоизносные ствойства гидроочищенных топлив при отсутсвии электризации, свойственной присадке ПМАМ-2. Реактивное топливо с такой композицией присадок было принято как резервное.

В качестве противоизносной применяется присадка «К» кислотного типа (ГОСТ 13302—77), которая по эффективности противоизносных свойств соответствует присадке Сигбол (см. рис. 1.4):

Внешний вид .... Прозрачная однородная жидкость
Массовая доля, %:
нафтеновых кислот, не менее 95
неомыляемых веществ в пересчете на органическую часть, не более 3
Кислотное число, мг КОН/г нефтяных кислот 220-260

Присадка «К» допущена в реактивные топлива в содержании 0,001—0,004 % (мас. доля). При таком содержании кислотность топлив, полученных с использованием гидрогенизационных процессов, не превышает 0,7 мг КОН/100 см^3, что не влияет отрицательно на другие эксплуатационные свойства топлив. Топливо РТ (ГОСТ 10227—86) с этой присадкой нашло широкое применение как в нашей стране, так и за рубежом.

В последние годы для улучшения противоизносных свойств топлив РТ, Т-6 и Т-8В ввиду временного дефицита противоизносной присадки «К» допущена в качестве альтернативной в содержании 0,003—0,0035 % (мас. доля) зарубежная присадка Хайтек-580 фирмы «Этил». Основные показатели качества присадки Хайтек-580:

Температура вспышки, °С, не ниже 66
Кинематическая вязкость, мм^2/с, при 40 °С 110-136
Кислотное число, мг КОН/г 80-100
Зольность, % .... Не нормируется

Наличие в топливе присадки «К» косвенно контролируется регламентированным в ГОСТах на топлива нижним пределом кислотности. Так, установленные в ГОСТ 10227—86 на топливо РТ нижние пределы кислотности 0,4 мг КОН/100 см^3 и 0,2 мг КОН/100 см^3 гарантируют обеспечение требуемых противоизносных свойств топлива в случае применения присадки «К» соответственно в содержании 0,004 и 0,001 % (мас. доля).

В отличие от присадки «К» присадка Хайтек-580 имеет меньшее кислотное число, вследствие чего значение кислотности топлива РТ

при ее введении находится в пределах точностных характеристик метода определения кислотности по ГОСТ 5985—79.

Как следует из табл. 1.22 и рис. 1.4 кислотность не всегда определяет противоизносные свойства топлив с введенными присадками.

Для отечественных топлив в случае применения в качестве противоизносной присадки Хайтек-580 нижний предел по кислотности является не браковочным, а противоизносные свойства гарантируются количеством введенной присадки (мас. доля 0,003—0,0035 %).

Антистатические присадки. Существование реальной опасности воспламенения в результате разрядов статического электричества при заправке товарных авиационных топлив, не защищенных специальными присадками, подтверждено отечественной и зарубежной практикой эксплуатации авиационной техники. Непредсказуемость процесса создает потенциальную возможность взрыва при перекачке в любой момент.

Антистатические присадки, повышая электропроводность топлива, не просто уменьшают опасность от возникновения зарядов, а всецело исключают ее.

Эти присадки уникальны тем, что обеспечивают и гарантируют эффект ничтожно малыми количествами — до 10^{-4} % (мас. доля).

Применение антистатических присадок позволяет снять ограничения по скорости налива. По зарубежным данным она может быть увеличена с 1000 до 9000 л/мин в один бак, что принципиально важно при обслуживании международных авиалиний (аэропортов) с большой пропускной способностью. Не менее важно это и при заправке танкеров реактивным топливом и другими светлыми нефтепродуктами.

Если присадка не добавлялась в топливо на заводах, то она добавляется непосредственно в порту при осуществлении погрузочно-разгрузочных операций в емкости танкера или берегового резервуара.

1.22. Влияние присадок на кислотность топлива

Присадка	Кислотность, мг КОН/100 см^3, топлива* при концентрации, % (мас. доля)		
	0,001	0,002	0,003
«К»	0,25	0,35	0,50
Хайтек-580	0,10	0,13	0,20
Сигбол	0,05	0,05	0,05
ПМАМ-2	0,05	0,05	0,05

* Кислотность исходного топлива составляла 0,05 мг КОН/100 см^3.

Присадку добавляют даже в печное топливо для ускорения грузовых операций.

Введение антистатических присадок в углеводородные жидкости повышает общий уровень пожаровзрывобезопасности при любых сливо-наливных работах с ними, поэтому антистатические присадки широко используют и при работе с легкими растворителями во многих отраслях промышленности.

В качестве антистатических присадок для авиационных топлив за рубежом нашли широкое применение присадки: ASA-3 (фирма «Шелл») и Стадис-450 (фирма «Дюпон»).

С 1983 г. зарубежными спецификациями предусмотрено обязательное введение антистатической присадки в топлива ДЖЕТ А-1 и ДЖЕТ-В.

В нашей стране разработана антистатическая присадка Сигбол (ТУ 38.101741–78). Это единственная присадка, допущенная к применению в отечественных реактивных топливах. Топливо с присадкой Сигбол прошло широкомасштабные испытания на авиационных двигателях. Многолетняя практика эксплуатации авиатехники при использовании топлива с присадкой Сигбол не выявила каких-либо особенностей в эксплуатации, либо неисправностей авиатехники, связанных с применением присадки. Присадка Сигбол допущена в качестве антистатической в концентрации не более 0,0005 % (мас. доля) практически во все топлива: РТ, ТС-1, Т-2 (ГОСТ 10227–86) и топливо Т-8В (ТУ 38 101741–78). Такая концентрация обеспечивает необходимый уровень электропроводности топлива.

Для топлив, содержащих присадку Сигбол, установлена норма по электропроводности: от 50 (при температуре заправки) до 600 пСм/м (при 20 °С). Для зарубежных топлив, содержащих антистатические присадки, этот диапазон составляет 50–300 пСм/м. Нижний предел гарантирует безопасность перекачки, верхний — нормальную работу топливоизмерительной аппаратуры.

Присадка Сигбол представляет комплексное соединение на основе соли органической кислоты и полимерного компонента в растворе толуола или ксилола. Основные характеристики присадки Сигбол:

Плотность при 20 °С, кг/м^3, не менее 900
Кинематическая вязкость при 80 °С, мм^2/с, не более 30
Массовая доля активного вещества в присадке, % 32-40
Содержание золы, % 2,0-3,5
Удельная объемная электропроводность 0,001 % присадки Сигбол в толуоле, пСм/м, не менее 2000

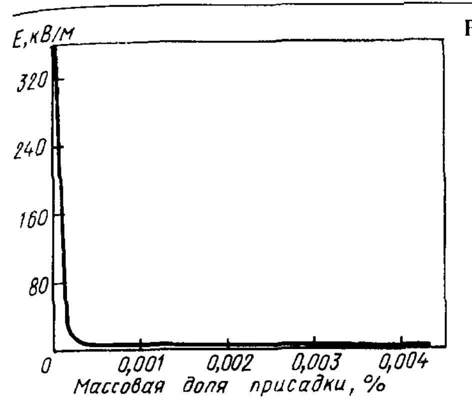


Рис. 1.5. Зависимость напряженности *E* электрического поля в баке от массовой доли присадки Сигбол в топливе Т-7 при скорости заправки 1800 л/мин

Антистатическая присадка Сигбол не оказывает отрицательного воздействия на какие-либо физико-химические и эксплуатационные свойства реактивных топлив в содержании до 0,01 % (мас. доля) и при этом помимо антистатических значительно улучшает противоизносные и коррозионные свойства.

Антистатическое действие присадки основано на повышении электропроводности топлива, что неизбежно приводит к снижению до нуля всех электрических параметров, характеризующих электризуемость топлива (величину заряда, перенесенного в разряде, электрический потенциал поверхности топлива и др.) (рис. 1.5, см. также рис. 1.3).

По эффективности антистатического действия присадка Сигбол (независимо от скорости перекачки) не уступает зарубежным (табл. 1.23).

Определение электропроводности осуществляется отечественным переносным индикаторным цифровым прибором ЭЛ-1В, сопоставимым по точности измерения с приборами аналогичного типа, широко используемыми за рубежом (табл. 1.24).

1.23. Электропроводность, пСм/м, гептанв с антиствтическими присадками

Присадка	Массовая доля присадки в гептане (на активное вещество), %						
	0,00005	0,0001	0,0003	0,0005	0,0007	0,001	0,003
Сигбол	721,6	1574,5	3430,0	4878,0	8247	11250	33960
Образец №1 (зарубежный)	567,8	1018,0	3038,0	4498,0	-	9362	22790
Образец №2 (зарубежный)	262,4	422,4	962,2	1574,5	2249	2887	7370

1.24. Сопоставление результатов измерения электропроводности топлив на отечественном приборе и приборе фирмы «Майгак»

Образцы	Температура топлиаа, °С	Электропроводность, пСм/м		Расхождение, %
		ЭЛ-1В	«Майгак»	
Образец №1 (топливо РТ исходное)	21	3,0	<5	-
		2,6	<5	-
		3,0	<5	-
Образец №2 (топливо РТ с присадкой Сигбол)	22	55	55	1,0
		54	55	1,0
Образец №3 (топливо РТ с присадкой Сигбол)	22	350	355	1,5
		346	355	1,5
		353	355	1,5
Образец №4 (топливо РТ с зарубежной присадкой)	22	640	680	6,3
		630	680	6,3
		640	680	6,3

Фундаментальные исследования, проведенные на полномасштабном стенде ОКБ им. Туполева, полностью имитирующем систему заправки топливом баков самолета, выполненные под руководством В.Н.Гореловой и В.В.Малышева, при участии ведущих фирм страны, позволили определить критерии оценки электризуемости топлива, влияние антистатической присадки на электрические параметры топлива, определить характер и эффективность присадок, установить предельные значения электропроводности.

Антистатическое действие присадки Сигбол начинает проявляться при внесении ее в топливо в количестве 10^{-7} % (мас. доля). При содержании 10^{-6} % (мас. доля) прекращаются не только электрические разряды, но отсутствуют и сами заряды, а потенциал поверхности топлива в баке снижается с 200 кВ (в исходном топливе) до 10 кВ. При содержании Сигбола порядка 10^{-5} % все показатели, характеризующие степень электризации топлива, имеют нулевое значение (табл. 1.25).

«Следы» (ничтожно малые количества) антистатических присадок не увеличивают опасность от разрядов статического электричества по сравнению с топливами, не содержащими эти присадки. Поэтому перекачка реактивных топлив со «следами» присадки Сигбол осуществляется потребителями топлив с такими же скоростями, как и стандартных топлив, не содержащих антистатических присадок.

Смеси топлив, содержащих и не содержащих присадку Сигбол, также применяются в любых соотношениях без каких-либо ограничений.

1.25. Влияние «следов» антистатических присадок на электризуемость топлив

Суммарная массовая доля присадки в топливе, %	Электропроводность топлива в расходном резервуаре, пСм/м	Максимальный ток, мкА	Максимальный заряд, перенесенный в разряде, мкКл	Максимальное значение электрического потенциала поверхности топлива, кВ
Образец №1 (зарубежный)				
Исходное топливо без присадки	2,7	-2,5	0,12	157
$2{,}5\cdot10^{-7}$	3,0	-2,0	0,05	118
$3{,}625\cdot10^{6}$	10,5	+1,0	0	6
Сигбол				
Исходное топливо без присадки	4,8	-2,9	0,18	185
$7{,}5\cdot10^{-7}$	5,8	-2,8	0,06	127
$3{,}0\cdot10^{6}$	10,0	-2,4	0	8,2
$13{,}5\ 10^{-6}$	29,2	-0,06	0	0

Примечание. Результаты получены на полномасштабном стенде по схеме наземной заправки летательного аппарата с объемной скоростью 2000 л/мин.

Присадка Сигбол совместима со всеми присадками, допущенными к применению в топливах. Выбор концентрации присадки определяется рядом факторов.

При изменении температуры электропроводность топлива с присадкой Сигбол изменяется незначительно. Особенно заметно преимущество Сигбола при фильтрации топлива через фильтры тонкой очистки, топливо с присадкой Сигбол практически не меняет свою электропроводность. Присадка Сигбол и топливо с этой присадкой являются стабильными структурами и имеют гарантийный срок хранения в металлических емкостях (резервуарах) не менее 5 лет. Электропроводность топлива остается в пределах нормируемого значения, даже если ее начальное значение близко к нижнему допустимому пределу 80 пСм/м.

Топливо с присадкой Сигбол может транспортироваться в железнодорожных цистернах на большие (св. 1000 км) расстояния. При этом электропроводность хотя и претерпевает некоторые изменения, остается в пределах нормируемых значений.

При расчете количества присадки следует учитывать влияние вязкости топлива на электропроводность. При одном и том же коли-

честве присадки электропроводность будет тем выше, чем меньше вязкость. Поэтому восприимчивость топлив различных марок к присадке Сигбол различна.

Учитывая влияние на электропроводность условий транспортировки, температуры и прочих факторов, рекомендуется вырабатывать топливо с присадкой Сигбол на НПЗ с электропроводностью 150–250 пСм/м. Оптимальное содержание присадки составляет 0,0001–0,0003 % (мас. доля). Такой уровень электропроводности достаточен, чтобы гарантировать сохранение высоких антистатических свойств топлив при длительном транспортировании и хранении в районах с различными климатическими условиями.

Таким образом, применение топлив с антистатическими присадками является для потребителей самым дешевым способом обеспечения гарантированной безопасности от проявления статического электричества при всех заправочных и перекачивающих операциях.

Дизельные топлива

Дизельное топливо предназначено для быстроходных дизельных и газотурбинных двигателей наземной и судовой техники. Условия смесеобразования и воспламенения топлива в дизелях отличаются от таковых в карбюраторных двигателях. Преимуществом первых является возможность осуществления высокой степени сжатия (до 18 в быстроходных дизелях), вследствие чего удельный расход топлива в них на 25–30 % ниже, чем в карбюраторных двигателях. В то же время дизели отличаются большей сложностью в изготовлении, большими габаритами. По экономичности и надежности работы дизели успешно конкурируют с карбюраторными двигателями.

Основные эксплуатационные показатели дизельного топлива:

цетановое число, определяющее высокие мощностные и экономические показатели работы двигателя;

фракционный состав, определяющий полноту сгорания, дымность и токсичность отработавших газов двигателя;

вязкость и плотность, обеспечивающие нормальную подачу топлива, распыливание в камере сгорания и работоспособность системы фильтрования;

низкотемпературные свойства, определяющие функционирование системы питания при отрицательных температурах окружающей среды и условия хранения топлива;

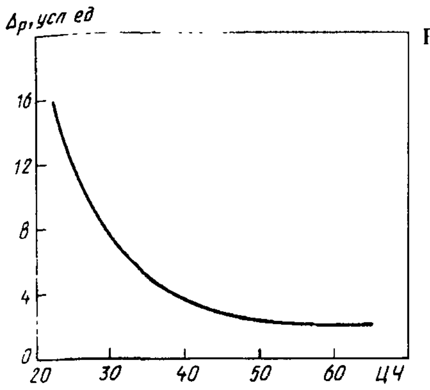


Рис. 1.6. Зависимость скорости нарастания давления Δp в цилиндре двигателя от цетанового числа ЦЧ дизельного топлива

степень чистоты, характеризующая надежность работы фильтров грубой и тонкой очистки и цилиндро-поршневой группы двигателя;

температура вспышки, определяющая условия безопасности применения топлива в дизелях;

наличие сернистых соединений, непредельных углеводородов и металлов, характеризующее нагарообразование, коррозию и износ.

Свойства

Цетановое число — основной показатель воспламеняемости дизельного топлива. Оно определяет запуск двигателя, жесткость рабочего процесса (скорость нарастания давления), расход топлива и дымность отработавших газов. Чем выше цетановое число топлива, тем ниже скорость нарастания давления (рис. 1.6) и тем менее жестко работает двигатель. Однако с повышением цетанового числа топлива сверх оптимального, обеспечивающего работу двигателя с допустимой жесткостью (менее 0,5 МПа/°ПВК*) ухудшается его экономичность в среднем на 0,2–0,3 % и дымность отработавших газов на единицу цетанового числа повышается на 1–1,5 единицы Хартриджа.

Чем выше цетановое число топлива, тем быстрее произойдут процессы предварительного окисления его в камере сгорания, тем скорее воспламенится смесь и запустится двигатель. Ниже приведены данные по влиянию цетанового числа на время запуска двигателя:

Цетановое число	53	38
Время запуска, с	3	45-50

* МПа/°ПВК — скорость нарастания давления в цилиндре двигателя на 1° поворота коленчатого вала.

Цетановое число топлив зависит от их углеводородного состава. Наиболее высокими цетановыми числами обладают нормальные парафиновые углеводороды, причем с повышением их молекулярной массы оно повышается, а по мере разветвления — снижается. Самые низкие цетановые числа у ароматических углеводородов, не имеющих боковых цепей; ароматические углеводороды с боковыми цепями имеют более высокие цетановые числа и тем больше, чем длиннее боковая парафиновая цепь. Непредельные углеводороды характеризуются более низкими цетановыми числами, чем соответствующие им по строению парафиновые углеводороды. Нафтеновые углеводороды обладают невысокими цетановыми числами, но большими, чем ароматические углеводороды. Чем выше температура кипения топлива, тем выше цетановое число, и эта зависимость носит почти линейный характер; лишь для отдельных фракций цетановое число может снижаться, что объясняется их углеводородным составом.

Цетановые числа дизельных топлив различных марок, вырабатываемых отечественной промышленностью, характеризуются следующими значениями:

Марка дизельного топлива	Л	З (-35 °С)	З (-45 °С)	А
Цетановое число	47-51	45-49	40-42	38-40

Применение топлив с цетановым числом менее 40 приводит к жесткой работе двигателя, а более 50 — к увеличению удельного расхода топлива вследствие уменьшения полноты сгорания. Летом можно применять топлива с цетановым числом, равным 40, а зимой для обеспечения холодного пуска двигателя — с цетановым числом не менее 45. Цетановое число и низкотемпературные свойства топлива — это взаимосвязанные величины: чем лучше низкотемпературные свойства топлива, тем ниже его цетановое число. Так, топлива с температурой застывания ниже -45 °С характеризуются цетановым числом около 40.

Хорошие низкотемпературные свойства достигаются несколькими способами: существенным облегчением фракционного состава (температура конца кипения 300—320 °С вместо 360 °С), проведением депарафинизации топлива (извлечение н-парафиновых углеводородов), переработкой нафтено-ароматических нефтей с малым содержанием н-парафиновых углеводородов. При этом во всех случаях снижается цетановое число.

Известны присадки для повышения цетанового числа дизельных топлив — изопропил- или циклогексилнитраты. Они допущены к

применению, но их вводят в крайне ограниченных количествах для повышения цетанового числа с 38 до 40, так как при этом понижается температура вспышки и повышается коксуемость топлива.

Установление оптимальных цетановых чисел имеет большое практическое значение, поскольку с углублением переработки нефти в состав дизельного топлива будут вовлекаться легкие газойли каталитического крекинга, коксования и фракции, обладающие относительно низкими цетановыми числами. Бензиновые фракции также имеют низкие цетановые числа, и добавление их в дизельное топливо всегда заметно снижает цетановое число последнего. Европейским стандартом на дизельное топливо установлен нижний предел цетанового числа — 48 единиц.

Цетановое число определяют по ГОСТ 3122—67, сравнивая воспламеняемость испытуемого топлива с эталонным (смеси цетана с α-метил-нафталином в разных соотношениях). Имеется множество расчетных формул для определения цетанового числа (ЦЧ) топлив, например по их плотности d_4^{20} и кинематической вязкости ν_{20}:

$$ЦЧ = (\nu_{20} + 17,8)\ 1,5879/d_4^{20},$$

или, исходя из углеводородного состава,

$$ЦЧ = 0,85П + 0,1Н - 0,2А,$$

где $П$, $Н$, $А$ — содержание соответственно парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов.

По этим формулам можно лишь приблизительно рассчитать цетановое число. Они не применимы для топлив с присадками, которые повышают цетановое число, а также для топлив, в состав которых входят бензиновые фракции. Наиболее точным является расчетный метод определения цетанового числа (цетанового индекса) по ГОСТ 27768—88, исходя из плотности и 50 %-ной точки перегонки:

$$ЦИ = 454,74 - 1641,41d + 774,74d^2 - 0,554t + 97,803(\lg t)^2,$$

где d — плотность при 15 °С, определенная по ГОСТ 3900—85, г/см³; t — температура кипения 50 %-ной (по объему) фракции с учетом поправки на нормальное барометрическое давление 101,3 кПа, определяемая по ГОСТ 2177—82, °С, lg — десятичный логарифм.

Использовать эту формулу можно только для продуктов прямой переработки нефти. Определение цетанового индекса дизельных топлив

по ГОСТ 27768–88 внесено в ряд нормативных документов на дизельные топлива.

Цетановый индекс дистиллятных дизельных топлив может быть определен по номограмме (рис. 1.7).

За рубежом для характеристики воспламеняемости топлива наряду с цетановым числом используют дизельный индекс. Этот показатель

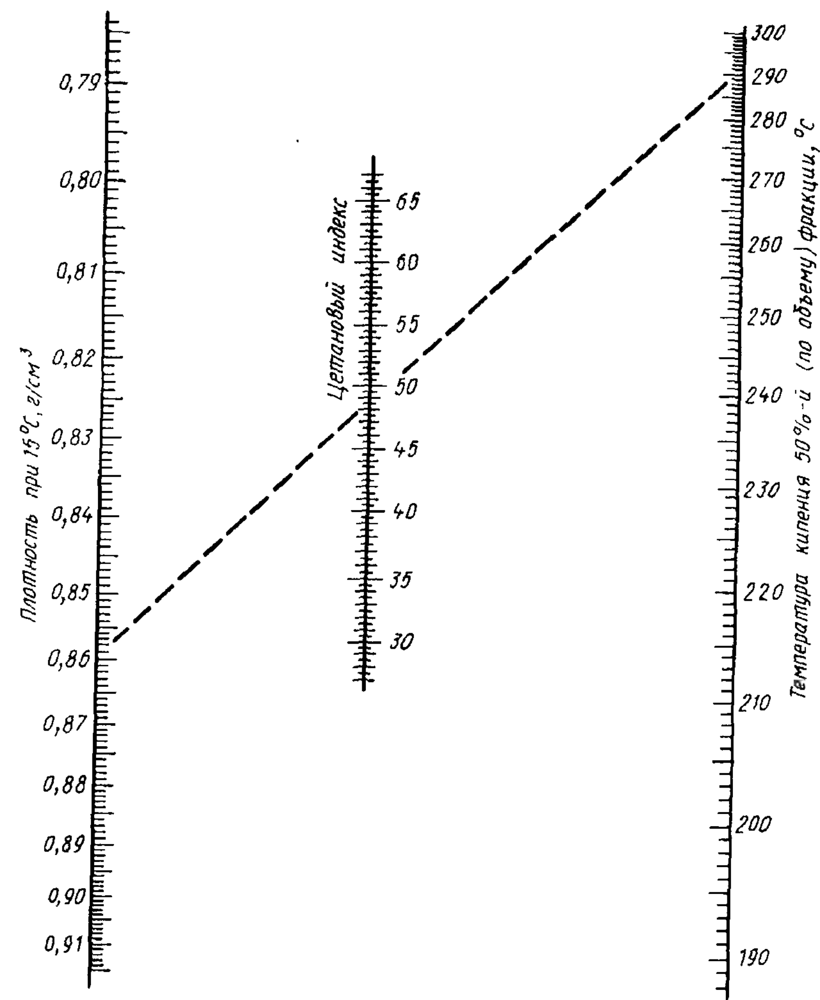


Рис. 1.7. Номограмма для определения цетанового индекса

нормируется и в отечественной технической документации на дизельное топливо, поставляемое на экспорт, — ТУ 38.401-58-110–94. Дизельный индекс (ДИ) вычисляют по формуле

$$ДИ = t_{ан}d/100,$$

где $t_{ан}$ — анилиновая точка (определяют в °С и пересчитывают в °F: 1 °F = 9,5 °С + 32); d — плотность, градусы АПИ.

Между дизельным индексом и цетановым числом топлива существует такая зависимость:

Дизельный индекс	20	30	40	50	62	70	80
Цетановое число	30	35	40	45	55	60	80

Фракционный состав. Характер процесса горения топлива в двигателе определяется двумя основными показателями — фракционным составом и цетановым числом. На сгорание топлива более легкого фракционного состава расходуется меньше воздуха, при этом благодаря уменьшению времени, необходимого для образования топливовоздушной смеси, процессы смесеобразования протекают более полно.

Облегчение фракционного состава топлива, например при добавке к нему бензиновой фракции, может привести к жесткой работе двигателя, определяемой скоростью нарастания давления на 1° поворота коленчатого вала. Это объясняется тем, что к моменту самовоспламенения рабочей смеси в цилиндре двигателя накапливается большое количество паров топлива, и горение сопровождается чрезмерным повышением давления и стуками в двигателе.

Влияние фракционного состава топлива для двигателей различных типов неодинаково. Двигатели с предкамерным и вихрекамерным смесеобразованием вследствие наличия разогретых до высокой температуры стенок предкамеры и более благоприятных условий сгорания менее чувствительны к фракционному составу топлива, чем двигатели с непосредственным впрыском. Наддув двигателя, создающий повышенный термический режим камеры сгорания, обеспечивает возможность нормальной работы на топливах утяжеленного фракционного состава.

Время прокручивания двигателя при запуске его на топливе со средней температурой кипения 200–225 °С в 9 раз меньше, чем на топливе со средней температурой кипения, равной 285 °С (рис. 1.8).

При испытаниях дизельного топлива утяжеленного фракционного состава с температурой конца кипения на 30 °С выше, чем у стандартного

6 — 1890

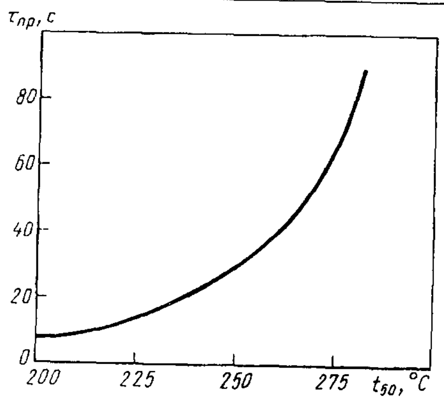


Рис. 1.8. Зависимость времени прокручивания двигателя при пуске $\tau_{пр}$ от температуры t_{50} выкипания 50% (об.) топлива

летнего топлива, отмечен повышенный расход топлива в среднем на 3 % и увеличение дымности отработавших газов в среднем на 10 %. Одной из основных причин повышения расхода топлива является более высокая вязкость топлива утяжеленного фракционного состава.

Расход топлива зависит не только от температуры конца его кипения, но и от 50 %-ной точки перегонки (рис. 1.9).

Для летних дизельных топлив, полученных перегонкой нефти, 50 %-ная точка выкипания находится в пределах 260—280 °С (наиболее типичные значения 270—280 °С), для зимних марок дизельных топлив она составляет 240—260 °С.

Вязкость и плотность определяют процессы испарения и смесеобразования в дизеле, так как от них зависит форма и строение топливного факела, размеры образующихся капель, дальность

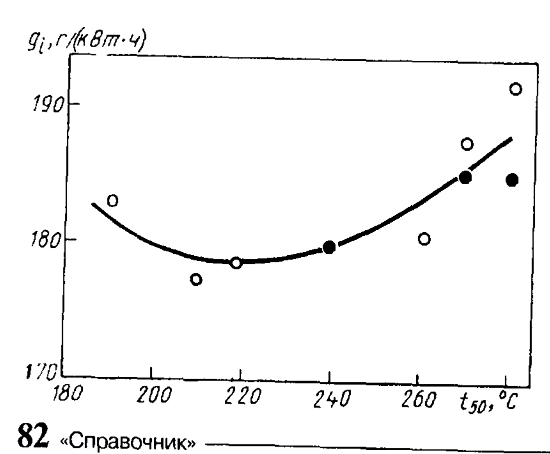


Рис. 1.9. Зависимость удельного расхода топлива g_i от средней температуры разгонки (дизель 1ч11/11,5; n = 1750 мин⁻¹; p_i = 0,85 МПа)

проникновения капель топлива в камеру сгорания. Более низкая плотность и вязкость обеспечивают лучшее распыливание топлива; с повышением указанных показателей качества увеличивается диаметр капель (рис. 1.10) и уменьшается полное их сгорание, в результате увеличивается удельный расход топлива, растет дымность отработавших газов. Вязкость топлива влияет на наполнение насоса и на утечку топлива через зазоры плунжерных пар. С увеличением вязкости топлива возрастает сопротивление топливной системы, уменьшается наполнение насоса, что может привести к перебоям в его работе. Ниже приведена зависимость подачи топлива насосом от температуры топлива:

Температура топлива, °С	+10	-30	-40	-50
Подача насоса, кг/ч	850	830	810	300

При уменьшении вязкости количество дизельного топлива, просачивающегося между плунжером и втулкой, возрастает, в результате снижается подача насоса. Перевод двигателя на топливо с меньшей плотностью и вязкостью может привести к прогару головок поршня, в связи с чем требуется регулировка топливной аппаратуры. При работе топливной аппаратуры на газоконденсатном дизельном топливе без регулировки топливной аппаратуры происходит уменьшение цикловой подачи топлива до 1 % и снижение максимального давления топлива в трубопроводе высокого давления на 10—15 %. Период задержки впрыска увеличивается на 2—4° поворота коленчатого вала.

Понижение цикловой подачи связано с уменьшением подачи топливного насоса высокого давления вследствие уменьшения плотности и увеличения утечки менее вязкого газоконденсатного топлива.

Увеличение задержки впрыска топлива вызвано его большой сжимаемостью; чтобы получить цикловую подачу газоконденсатного

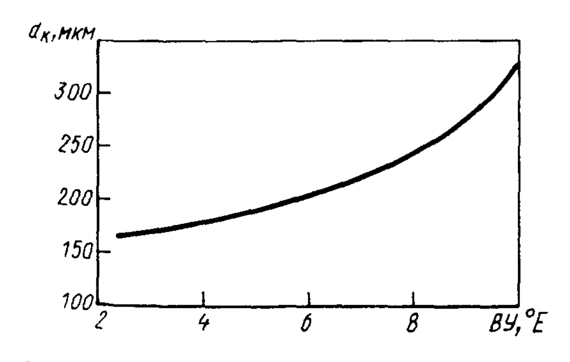


Рис. 1.10. Зависимость тонкости распыливания топлива (среднего диаметра капель $d_к$) от его условной вязкости ВУ

топлива, достаточно увеличить ход рейки топливного насоса высокого давления.

От вязкости зависит износ плунжерных пар. Нижний предел вязкости топлива, при котором обеспечивается его высокая смазывающая способность, зависит от конструктивных особенностей топливной аппаратуры и условий ее эксплуатации. Вязкость топлива в пределах 1,8–7,0 мм²/с практически не влияет на износ плунжеров топливной аппаратуры современных быстроходных дизелей.

Вязкость топлива зависит от его углеводородного состава. Летнее дизельное топливо, получаемое из западносибирской нефти, в котором преобладают парафино-нафтеновые углеводороды, имеет вязкость при 20 °С 3,5–4,0 мм²/с; такое же по фракционному составу топливо из сахалинских нефтей, в котором преобладают нафтено-ароматические углеводороды, — 5,5–6,0 мм²/с. Стандартом на дизельное топливо вязкость нормируется в достаточно широких пределах, что обусловлено различием углеводородного состава перерабатываемых нефтей. Попытки ограничить вязкость топлива в узких пределах приведут к сокращению ресурсов его производства, так как потребуется снизить температуру конца кипения топлива. В зарубежных стандартах кинематическая вязкость нормируется обычно при 40 °С, в то время как отечественные ГОСТ и ТУ регламентируют вязкость при 20 °С.

Ниже приведена кинематическая вязкость ν, мм²/с, среднедистиллятных топлив при 20 и 40 °С:

При 20 °С	При 40 °С	При 20 °С	При 40 °С
2,8	2,0	9,2	5,5
3,7	2,5	10,5	6,0
4,6	3,0	11,6	6,5
5,5	3,5	12,4	7,0
6,4	4,0	13,4	7,5
7,3	4,5	14,4	8,0
8,2	5,0		

Из всех классов углеводородов наименьшая вязкость у алифатических. Эти же углеводороды в меньшей степени изменяют свою вязкость при охлаждении, т.е. имеют наиболее пологую вязкостно-температурную кривую. Алифатические углеводороды разветвленного строения, имеющие в боковых цепях два-три атома углерода, обладают более высокой вязкостью и при охлаждении она изменяется более резко, чем у углеводородов нормального строения. Присутствие двойной

связи снижает вязкость алифатического углеводорода. Ароматические и нафтеновые кольца в молекуле углеводорода повышают вязкость и ухудшают вязкостно-температурную зависимость. Бициклические углеводороды при одинаковой молекулярной массе с моноциклическими имеют не только более высокую вязкость, но и более крутую кривую зависимости вязкости от температуры.

Хотя вязкость дизельных топлив при понижении температуры и повышается (табл. 1.26), поведение топлива, как правило, продолжает подчиняться закону Ньютона (вязкость не зависит от градиента сдвига) вплоть до выпадения кристаллов твердых углеводородов.

На процессы испарения и смесеобразования оказывают влияние также **поверхностное натяжение и давление насыщенных паров,** которые зависят от углеводородного и фракционного состава топлива. С утяжелением фракционного состава поверхностное натяжение увеличивается. Межфазное поверхностное натяжение наиболее массового летнего дизельного топлива, определенное с помощью тензометра ВН 5504 (погрешность измерения ±0,5 мН/м) при температуре 20 °С, составляет: образец 1 — 40,3 мН/м; образец 2 — 3,3 мН/м.

При других температурах поверхностное натяжение может быть рассчитано по формуле:

$$Q_t = Q_0 - K(t - t_0),$$

где Q_t и Q_0 — поверхностное натяжение, соответственно рассчитанное и найденное экспериментально; t и t_0 — температуры, при которых поверхностное натяжение рассчитывается и определяется экспериментально; K — постоянная, равная 0,10.

Давление насыщенных паров дизельных топлив невелико и составляет для стандартного летнего дизельного топлива примерно 25 кПа при 40 °С или 55 кПа при 60 °С.

Цвет является показателем, позволяющим достаточно быстро определить наличие в топливе более тяжелых фракций или присутствие

1.26. Влияние температуры на вязкость летнего дизельного топлива

Дизельное топливо	Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре					
	20 °С	0 °С	-5 °С	-10 °С	-15 °С	-20 °С
Образец 1	2,30	3,63	4,17	4,82	-	7,28
Образец 2	4,04	7,05	8,40	14,30	24,50	28,90
Образец 3	5,13	9,51	11,56	15,52	26,40	30,60

негидроочищенных дистиллятных фракций вторичных процессов, которые оказывают отрицательное влияние на стабильность нефтепродуктов. Цвет дизельного топлива определяют по ГОСТ 20284–74, ASTM D 1500, ISO 2049, DIN 51411. Существуют номограммы перевода цвета единиц ЦНТ в NPA.

Плотность относят к числу наиболее распространенных показателей, которые применяют для характеристики нефтепродуктов, она является исходной величиной для выполнения большинства инженерных расчетов. В отечественных стандартах плотность нормируется при 20 °С: для летнего дизельного топлива — не более 860 кг/м³, зимнего — не более 840 кг/м³, арктического — не более 830 кг/м³.

В зарубежных стандартах пределы плотности устанавливают в основном при 15 °С. Так, европейский стандарт EN-590 предусматривает следующие плотности: для летних топлив 820–860, для зимних топлив 800–840 (845) кг/м³.

Пересчет плотности d_4^{20} в d_{15}^{15} и наоборот можно провести по формуле

$$d_4^{20} = d_{15}^{15} - 5\alpha - \beta.$$

Значения поправок α и β приведены в табл. 1.27.

Из различных групп углеводородов наибольшей плотностью обладают ароматические, наименьшей — парафиновые. Нафтеновые углеводороды занимают промежуточное положение. Поэтому фракции с одинаковыми температурами начала и конца кипения, полученные из парафинистых нефтей, имеют меньшую плотность по сравнению с аналогичными фракциями из нефтей нафтенового основания или из нефтей, содержащих значительную часть ароматических углеводородов.

1.27. Значения поправок α и β для пересчета плотности

Плотность	α	β	Плотность	α	β
0,6900-0,6999	0,000910	0,0009	0,8500-0,8599	0,000699	0,0013
0,7000-0,7099	0,000897	0,0009	0,8600-0,8699	0,000686	0,0014
0,7100-0,7199	0,000884	0,0009	0,8700-0,8799	0,000673	0,0014
0,7200-0,7299	0,000810	0,0010	0,8800-0,8899	0,000660	0,0014
0,7300-0,7399	0,000857	0,0010	0,8900-0,8999	0,000647	0,0015
0,7400-0,7499	0,000844	0,0010	0,9000-0,9099	0,000633	0,0015
0,7500-0,7599	0,000831	0,0010	0,9100-0,9199	0,000620	0,0015
0,7600-0,7699	0,000818	0,0011	0,9200-0,9299	0,000607	0,0015
0,7700-0,7799	0,000805	0,0011	0,9300-0,9399	0,000594	0,0016
0,7800-0,7899	0,000792	0,0011	0,9400-0,9499	0,000581	0,0016
0,7900-0,7999	0,000778	0,0012	0,9500-0,9599	0,000567	0,0016
0,8000-0,8099	0,000765	0,0012	0,9600-0,9699	0,000554	0,0017
0,8100-0,8199	0,000752	0,0012	0,9700-0,9799	0,000541	0,0017
0,8200-0,8299	0,000738	0,0013	0,9800-0,9899	0,000528	0,0017
0,8300-0,8399	0,000725	0,0013	0,9900-1,0000	0,000515	0,0018
0,8400-0,8499	0,000712	0,0013			

Плотность отечественных дизельных топлив находится в довольно широких пределах, так как зависит не только от качества перерабатываемой нефти, но и от технологии получения топлива (табл. 1.28).

Низкотемпературные свойства характеризуются такими показателями, как температура помутнения $t_п$, предельная температура фильтруемости $t_{пр\,ф}$ и температура застывания $t_{заст}$, последняя определяет условия складского хранения топлива, $t_п$ и $t_{пр\,ф}$ — условия применения топлива, хотя в практике известны случаи использования топлив при температурах, приближающихся к $t_{заст}$. Для большинства дизельных топлив разница между $t_п$ и $t_{заст}$ составляет 5–7 °С. В том случае, если дизельное топливо не содержит депрессорных присадок, $t_{пр\,ф}$ равна или на 1–2 °С ниже $t_п$. Для топлив, содержащих депрессорные присадки, $t_{пр\,ф}$ на 10 °С и более ниже $t_п$.

В дизельных топливах содержится довольно много углеводородов с высокой температурой плавления. Для всех классов углеводородов справедлива закономерность: с ростом молекулярной массы, а следовательно, и температуры кипения повышается температура плавления углеводородов. Однако весьма сильное влияние на температуру плавления оказывает строение углеводорода. Углеводороды одинаковой молекулярной массы, но различного строения могут иметь значения температур плавления в широких пределах.

Наиболее высокие температуры плавления имеют парафиновые углеводороды с длинной неразветвленной цепью углеводородных атомов. Ароматические и нафтеновые углеводороды плавятся при низких температурах (кроме бензола, п-ксилола), однако эти углеводороды, но с длинной неразветвленной боковой цепью, плавятся при более высоких температурах. По мере разветвления цепи парафинового

1.28. Плотность отечественных дизельных топлив

Плотность при 20 °С, кг/м³	Марка топлива		
	летнее	зимнее	арктическое
Фактические значения	802-875	792-847	790-830
Наиболее типичные значения	830-850	800-830	800-820

углеводорода или боковой парафиновой цепи, присоединенной к ароматическим или нафтеновым кольцам, температура плавления углеводородов снижается.

Исследования показали, что при охлаждении дизельных топлив в первую очередь выпадают парафиновые углеводороды нормального строения. При этом температура помутнения топлива не зависит от суммарного содержания в нем н-парафиновых углеводородов. Так, при практически одинаковом содержании н-парафиновых углеводородов температуры помутнения различных фракций заметно различаются:

Суммарное содержание н-парафиновых углеводородов, %	27,4	27,5	27,1
Фракция, °С	210-220	250-260	260-270
Температура помутнения, °С	-51	-30	-23

На температуру помутнения влияет состав н-парафиновых углеводородов. Добавка даже небольшого количества высокоплавких н-парафиновых углеводородов приводит к резкому ее повышению:

Парафиновые углеводороды C_{20}-C_{25}, % (мас. доля)	0	5	10
Температура помутнения, °С	-35	-20	-15

В состав н-парафиновых углеводородов дизельных топлив входят парафины с длиной цепи C_6-C_{27} (для летнего топлива) и парафины с длиной цепи C_6-C_{19} (для зимнего топлива) (табл. 1.28).

Для обеспечения требуемых температур помутнения и застывания зимние топлива получают облегчением фракционного состава. Так, для получения дизельного топлива с $t_{заст}$ = -35 °С и $t_п$ = -25 °С требуется понизить температуру конца кипения топлива с 360 до 320 °С, а для топлива с $t_{заст}$ = -45 °С и $t_п$ = -35 °С — до 280 °С, что приводит к снижению отбора дизельного топлива от нефти с 42 до 30,5 и 22,4 % соответственно (табл. 1.29).

Сократить потери при производстве зимнего дизельного топлива можно введением в топливо депрессорных присадок (в сотых долях процента). Добавка депрессорных присадок позволяет снизить предельную температуру фильтруемости на 10–15 °С и температуру застывания на 15–20 °С. Введение присадок не влияет на $t_п$ топлива. Это связано с

1.28. Состав н-парафиновых углеводородов, %

Дизельное топливо по ГОСТ 305-82	C_6-C_{14}	C_{15}-C_{19}	C_{20}-C_{24}	Выше C_{25}	Всего
Летнее	19,3	53,2	26,2	1,3	100
Зимнее	95,9	4,1	-	-	100

1.29. Характеристики дизельных топлив с различными низкотемпературными свойствами*

Показатели	Фракции, °С						
	160-280	160-320	160-350	160-370	160-390	180-350	180-370
Выход на нефть, % (мас. доля)	22,4	30,5	35,9	39,2	42,0	32,2	35,5
Фракционный состав:							
начало кипения, °С	188	190	192	194	197	210	211
перегоняется при температуре, °С:							
10 % (об. доля)	198	201	203	205	211	228	227
50 % (об. доля)	226	245	258	265	274	272	275
90 % (об. доля)	260	295	320	336	354	327	340
96 % (об. доля)	267	305	330	346	358	337	345
98 % (об. доля)	273	306	332	347	362	338	347
Плотность при 20 °С, кг/м³	823	832	837	841	844	842	846
Кинематическая вязкость, при 20 °С, мм²/с	2,47	3,02	3,77	4,31	4,73	4,35	5,06
Температура, °С:							
застывания	-47	-35	-30	-19	-13	-22	-14
помутнения	-38	-28	-17	-11	-6	-13	-50
Топливо	З (-45 °С)	З (-35 °С)	Л	Л	Л	Л	Л

* Данные получены при разгонке на приборе АРН нефти трубопровода «Дружба».

механизмом действия депрессорных присадок, заключающемся в модификации структуры кристаллизующихся парафинов, уменьшении их размеров. При этом общее количество н-парафиновых углеводородов не снижается. Последнего можно достичь лишь в результате депарафинизации (цеолитной, карбамидной, каталитической) топлива.

Низкотемпературные свойства дизельных топлив с депрессорными присадками спецификациями всех стран оцениваются двумя показателями — $t_п$ и $t_{пр.ф}$. По ГОСТ 305–82 для топлива без депрессора низкотемпературные свойства регламентируют по $t_{заст}$ и $t_п$. Разность между $t_п$ и $t_{пр.ф}$ не должна превышать 10 °С. При снижении температуры топлива ниже температуры его предельной фильтруемости или в случае, когда $t_{пр.ф} - t_п$ составляет более 10 °С, в топливе накапливается такое количество кристаллов парафинов, что они не могут находиться длительное время во взвешенном состоянии. Значительная часть их оседает на дно емкости, что затрудняет использование топлива.

Нередки случаи, когда для снижения температуры застывания на местах применения используют смеси летних сортов дизельных топлив

с реактивным топливом или бензином. При разбавлении дизельных топлив более низкокипящими компонентами приходится использовать значительное (до 80 %) количество разбавителя (табл. 1.30), что, в свою очередь, отражается на повышении износа двигателей и снижении цетанового числа.

Степень чистоты дизельных топлив. Этот показатель определяет эффективность и надежность работы двигателя, особенно топливной аппаратуры. Для плунжеров и гильз топливных насосов зазоры составляют 1,5–4,0 мкм. Частицы загрязнений, размер которых более 4,0 мкм, вызывают повышенный износ деталей топливной аппаратуры, что предопределяет и соответствующие требования к очистке топлива.

Чистоту топлива оценивают коэффициентом фильтруемости по ГОСТ 19006–73, который представляет собой отношение времени фильтрования через фильтр из бумаги БФДТ при атмосферном давлении десятой порции фильтруемого топлива к первой. На фильтруемость топлива влияет наличие воды, механических примесей, смолистых веществ, мыл нафтеновых кислот. В товарных дизельных топливах содержится, в основном, растворенная вода от 0,002 до 0,008 % (гидрид-кальциевый метод определения), которая не влияет на коэффициент фильтруемости. Нерастворенная в топливе вода — 0,01 % и более — приводит к повышению коэффициента фильтруемости. Однако влияние этого фактора неоднозначно. Присутствие в топливе поверхностно-активных веществ мыл нафтеновых кислот, смолистых соединений усугубляет отрицательное влияние эмульсионной воды на фильтруемость топлив. Достаточно $(15–20)\cdot 10^{-4}$ % мыл нафтеновых кислот, образующихся при защелачивании топлив, чтобы коэффициент фильтруемости повысился с 2 до 5.

Содержание механических примесей в товарных дизельных топливах, выпускаемых нефтеперерабатывающими предприятиями,

1.30. Влияние керосина и бензина на низкотемпературные свойства летнего дизельного топлива

Температура, °С	Летнее дизельное топливо	Топливо ТС-1, %				Бензин А-76, %			
		10	20	30	80	10	20	30	80
Застывания	-12	-15	-20	-20	-44	-15	-19	-22	-49
Помутнения	-5	-5	-7	-10	-21	-6	-7	-9	-25
Предельной фильтруемости	-6	-6	-7	-9	-25	-6	-10	-13	-26

составляет 0,002–0,004 % (отсутствие по ГОСТ 6370–83). Это количество не отражается на коэффициенте фильтруемости при исключении других отрицательных факторов. Коэффициент фильтруемости дизельных топлив, отправляемых с предприятий, находится в пределах 1,5–2,5.

Температура вспышки определяет пожароопасность топлива. Согласно ГОСТ 305–82 предусматривается выпуск топлива с температурой вспышки не ниже 40 °С — для дизелей общего назначения и не ниже 62 °С — для тепловозных и судовых дизелей. Температура вспышки является функцией содержащихся в топливе низкокипящих фракций (рис. 1.11). Повысить температуру вспышки дизельного топлива можно, повысив температуру начала кипения, а следовательно, снизив отбор топлива от нефти.

Коррозионная агрессивность. Стандартами на дизельные топлива регламентируются следующие показатели качества, характеризующие их коррозионную агрессивность: содержание общей серы, содержание меркаптановой серы и сероводорода, водорасворимых кислот и щелочей, испытание на медной пластинке.

Современная технология получения дизельных топлив практически исключает возможность присутствия в них элементной серы и сероводорода в количествах, вызывающих коррозионное воздействие на металлы. Отсутствие элементной серы и сероводорода надежно контролируется испытанием на медной пластинке. Топливо выдерживает эти испытания, если содержание свободной серы не выше 0,0015 %, сероводорода не более 0,0003 %.

Общее содержание серы мало характеризует коррозионную агрессивность топлива по отношению к металлам. При увеличении содержания

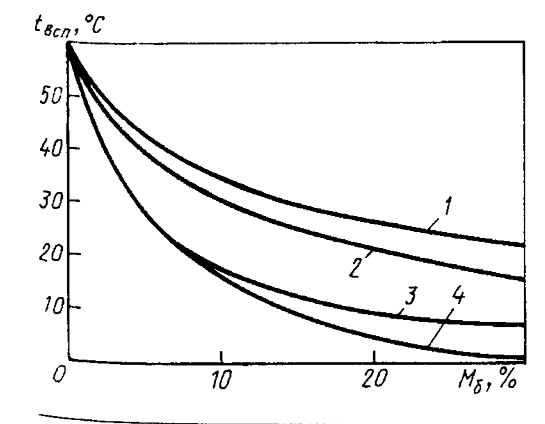


Рис. 1.11. Зависимость температуры вспышки дизельного топлива $t_{всп}$ от массовой доли бензиновых фракций $M_б$:
1 — фракция 105-180 °С;
2 — 80-120 °С; *3* — 62-180 °С;
4 — 62-105 °С

серы с 0,18 до 1,0 %, но незначительном повышении содержания меркаптановой серы с 0,005 до 0,009 %, коррозионная агрессивность топлива почти не изменяется.

Большое влияние на коррозионную агрессивность дизельных топлив оказывает глубина их гидроочистки, так как при этом вместе с сернистыми и ароматическими соединениями удаляются поверхностно-активные вещества, в результате чего ухудшаются защитные свойства топлив. Удаление поверхностно-активных веществ приводит к снижению способности топлива вытеснять влагу с поверхности металлов и образовывать защитную пленку.

Коррозионная агрессивность дизельных топлив, в основном, зависит от содержания меркаптановой серы. Так, повышение содержания меркаптановой серы с 0,01 % (норма ГОСТ) до 0,06 % увеличивает коррозию более чем в 2 раза.

Коррозионная активность меркаптановой серы в дизельном топливе существенно зависит от присутствия в нем свободной воды и растворенного кислорода, которые ускоряют процесс образования меркаптидов.

Прямогонные дизельные топлива обладают более высокими защитными свойствами по сравнению с гидроочищенными. Сравнительно низкими защитными свойствами обладает газойль каталитического крекинга.

Защитные свойства мало зависят от фракционного состава. Зимнее и летнее топлива, полученные по одинаковой технологии, обладают примерно одинаковыми защитными свойствами.

Причиной повышенной коррозии и износа является присутствие в топливе металлов. В табл. 1.31 приведены данные о содержании металлов в товарных дизельных топливах. Считают, что при содержании $V > 5 \cdot 10^{-4}$ % и $Na > 20 \cdot 10^{-4}$ % срок службы лопаток газовых турбин снижается в 2–3 раза.

Противоизносные свойства. Топлива являются смазочным материалом для движущихся деталей топливной аппаратуры быстроходных дизелей, пар трения плунжерных топливных насосов, запорных игл, штифтов и других деталей.

Смазывающие свойства топлив значительно хуже, чем у масел, так как и вязкость, и содержание поверхностно-активных веществ (ПАВ) в топливах меньше, чем их содержание в маслах. Противоизносные свойства топлив улучшаются с увеличением содержания ПАВ, вязкости и температуры выкипания.

1.31. Содержание металлов в дизельных топливах ($\times 10^{-4}$ %), полученных на различных предприятиях

Номер образца	V	Ni	Fe	Cu	Pb	Ca	Al	Na	Mo
1	<0,5	<0,3	0,35	<0,07	<0,3	0,15	<0,7	0,08	<0,3
2	<0,5	<0,3	0,35	<0,07	0,2	0,1	<0,7	0,02	<0,3
3	<0,5	<0,3	0,55	0,07	0,2	0,17	<0,7	0,18	0,3
4	<0,5	<0,3	0,35	0,07	0,2	0,3	<0,7	0,15	<0,3
5	<0,5	<0,3	0,35	<0,07	0,3	0,3	<0,7	0,12	<0,3
6	<0,5	<0,3	0,4	<0,07	0,3	<0,15	<0,7	<0,07	<0,3
7	<0,5	<0,3	0,4	0,06	0,2	0,12	<0,7	<0,07	<0,3
8	0,3	1,3	0,45	<0,07	0,3	0,1	<0,7	<0,07	<0,3
9	<0,5	<0,1	0,3	0,06	0,35	<0,15	<0,7	<0,07	<0,3
10	<0,5	<0,1	0,3	0,06	1,0	0,07	<0,7	0,2	<0,3
11	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	0,6	<0,1	-	0,05	<0,3

В связи с ужесточением требований к качеству дизельных топлив по содержанию серы и переходом на выработку экологически чистых топлив, гидроочистку их проводят в жестких условиях. При этом из дизельных топлив удаляются соединения, содержащие серу, кислород и азот, что негативно влияет на их смазывающую способность. Наиболее реальным способом улучшения смазывающих свойств дизельного топлива является применение противоизносных присадок.

Химическая стабильность. Химическая стабильность дизельного топлива — способность противостоять окислительным процессам, протекающим при хранении. Эта проблема возникла с углублением переработки нефти и вовлечением в состав товарного дизельного топлива среднедистиллятных фракций вторичной переработки нефти, таких, как легкого газойля каталитического крекинга, висбрекинга, коксования. Последние обогащены ненасыщенными углеводородами, включая диолефины и дициклоолефины, а также содержат значительное количество сернистых, азотистых и смолистых соединений. Наличие гетероатомных соединений, особенно в сочетании с ненасыщенными углеводородами, способствует их окислительной полимеризации и поликонденсации, тем самым влияя на образование смол и осадков. Самыми сильными промоторами смоло- и осадкообразования являются азотистые и сернистые соединения.

Химическая стабильность оценивается по количеству образовавшегося в топливе осадка (мг/100 мл) по ASTM D 2274. Легкий газойль каталитического крекинга (ЛГКК) по химической стабильности сущест-

венно уступает прямогонным или гидроочищенным дистиллятным фракциям:

Содержание ЛГКК 43/107 в топливе, % ...	0	10	20	30	40	100	Норма
Осадок, мг/100 мл ...	1,2	5,5	7,2	8,9	10,3	21,5	≤2,0

Ассортимент, качество и состав дизельных топлив

Нефтеперерабатывающей промышленностью вырабатывается дизельное топливо по ГОСТ 305–82 трех марок (табл. 1.32): Л — летнее, применяемое при температурах окружающего воздуха 0 °С и выше; З — зимнее, применяемое при температурах до -20 °С (в этом случае зимнее дизельное топливо должно иметь $t_{заст}$ < -35 °С и $t_п$ < -25 °С), или зимнее, применяемое при температурах до -30 °С, тогда топливо должно иметь $t_{заст}$ < -45 °С и $t_п$ <-35 °С), марки А — арктическое, температура применения которого до -50 °С. Содержание серы в дизельном топливе марок Л и З не превышает 0,2 % — для I вида топлива и 0,5 — для II вида топлива, а марки А — 0,4 %. Для удовлетворения потребности в дизельном топливе разрешаются по согласованию с потребителем выработка и применение топлива с температурой застывания 0 °С без нормирования температуры помутнения.

В соответствии с ГОСТ 305–82 принято следующее условное обозначение дизельного топлива: летнее топливо заказывают с учетом содержания серы и температуры вспышки (Л-0,2-40), зимнее — с учетом содержания серы и температуры застывания (З-0,2-минус 35). В условное обозначение на арктическое дизельное топливо входит только содержание серы: А-0,2.

Дизельное топливо (ГОСТ 305–82) получают компаундированием прямогонных и гидроочищенных фракций в соотношениях, обеспечивающих требования стандарта по содержанию серы. В качестве сырья для гидроочистки нередко используют смесь среднедистиллятных фракций прямой перегонки и вторичных процессов, чаще прямогонного дизельного топлива и легкого газойля каталитического крекинга. Содержание серы в прямогонных фракциях в зависимости от перерабатываемой нефти колеблется в пределах 0,8–1,0 % (для сернистых нефтей), а содержание серы в гидроочищенном компоненте — от 0,08 до 0,1 %.

Дизельное экспортное топливо (ТУ 38.401-58-110–94) вырабатывают для поставок на экспорт, содержание серы 0,2 % (табл. 1.33). Исходя из требований к содержанию серы, дизельное экспортное топливо получают гидроочисткой прямогонных дизельных фракций. Для оценки его качества по требованию заказчиков определяют

1.32. Характеристики дизельного топлива (ГОСТ 305–82)

Показатели	Норма для марок		
	Л	З	А
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав:			
50 % перегоняется при температуре, °С, не выше	280	280	255
90 % перегоняется при температуре (конец перегонки), °С, не выше	360	340	330
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм²/с	3,0-6,0	1,8-5,0	1,5-4,0
Температура застывания, °С, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	-10	-35	-
холодной	-	-45	-55
Температура помутнения, °С, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	-5	-25	-
холодной	-	-35	-
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже:			
для тепловозных и судовых дизелей и газовых турбин	62	40	35
для дизелей общего назначения	~~40~~	35	30
Массовая доля серы, %, не более, в топливе:			
вида I	0,20	0,20	0,20
вида II	0,50	0,50	0,40
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01
Содержание фактических смол, мг/100 см³ топлива, не более	40	30	30
Кислотность, мг КОН/100 см³ топлива, не более	5	5	5
Йодное число, г I_2/100 г топлива, не более	6	6	6
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость 10 %-ного остатка, %, не более	0,20	0,30	0,30
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	860	840	830

Примечание. Для топлив марок Л, З, А: содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды — отсутствие, испытание на медной пластинке — выдерживают.

дизельный индекс (а не цетановое число, как принято ГОСТ 305–82). Кроме того, вместо определения содержания воды и коэффициента фильтруемости экспресс-методом устанавливают прозрачность топлива при температуре 10 °С.

1.33. Характеристики дизельного экспортного топлива (ТУ 38.401-58-110-94)

Показатели	Норма для марок	
	ДЛЭ	ДЗЭ
Дизельный индекс, не менее	53	53
Фракционный состав: перегоняется при температуре, °С, не выше:		
50 %	280	280
90 %	340	330
96 %	360	360
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм²/с	3,0-6,0	2,7-6,0
Температура, °С:		
застывания, не выше	-10	-35
предельной фильтруемости, не выше	-5	-25
вспышки в закрытом тигле, не ниже	65	60
Массовая доля серы, %, не более, в топливе:		
вида I	0,2	0,2
вида II	0,3	-
Испытание на медной пластинке	Выдерживает	
Кислотность, мг КОН/100 см³ топлива, не более	3,0	3,0
Зольность, %, не более	0,01	0,01
Коксуемость 10 %-ного остатка, %, не более	0,2	0,2
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,0	2,0
Содержание механических примесей	Отсутствие	
Прозрачность при температуре 10 °С	Прозрачно	
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	860	845

Зимние дизельные топлива с депрессорными присадками. С 1981 г. вырабатывают зимнее дизельное топливо марки ДЗп по ТУ 38.101889–81 (табл. 1.34). Получают его на базе летнего дизельного топлива с $t_п$ = = -5 °С. Добавка сотых долей присалки обеспечивает снижение предельной температуры фильтруемости до -15 °С, температуры застывания до -30 °С и позволяет использовать летнее дизельное топливо в зимний период времени при температуре до -15 °С.

Для применения в районах с холодным климатом при температурах -25 и -45 °С вырабатывают топлива по ТУ 38.401-58-36–92. Согласно техническим условиям получают две марки топлива: ДЗп-15/-25 (базовое дизельное топливо с температурой помутнения -15 °С, товарное — с предельной температурой фильтруемости -25 °С) и арктическое дизельное топливо ДАп-35/-45 (базовое топливо с температурой помутнения -35 °С, товарное — с предельной температурой фильтруемости -45 °С).

1.34. Хврактеристики зимних дизельных топлив с депрессорными присадками

Показатели	Нормы для марок		
	ДЗп	ДЗп-15/-25	ДАп-35/-45
	ТУ 38.101889 -81	ТУ 38.401-58-36-92	
Цетановое число, не менее	45	45	40
Фракционный состав:			
перегоняется при температуре, °С, не выше:			
50 %	280	280	280
90 % (конец перегонки)	360	360	340
Кинематическая вязкость для дизелей общего назначения при 20 °С, мм²/с	3,0-6,0	1,8-6,0	1,5-5,0
Температура, °С, не выше:			
застывания	-30	-35	-55
помутнения	-5	-15	-35
предельной фильтруемости	-15	-25	-45
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже:			
для дизелей общего назначения	40	40	35
для тепловозных и судовых дизелей	62	35	30
Массовая доля серы, %, не более, в топливе:			
вида I	0,2	0,2	0,2
вида II	0,5	0,5	0,4
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01
Концентрация фактических смол, мг/100 см³ базового топлива, не более	40	-	-
Кислотность, мг КОН/100 см³ топлива, не более	5	5	5
Йодное число, г I_2/100 г топлива, не более	6	5	5
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость 10 %-ного остатка, %, не более	0,3	0,2	0,2
Коэффициент фильтруемости, не более:			
для базового топлива	2,0	-	-
для топлива с присадкой	3,0	3,0	3,0
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	860	860	840
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,0	2,0	2,0

Примачание. Для топлив всех марок: содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды — отсутствие; испытание на медной пластинке — выдерживают.

7 - 1890

Экологически чистое дизельное топливо выпускают по ТУ 38.1011348–89. Технические условия предусматривают выпуск двух марок летнего (ДЛЭЧ-В и ДЛЭЧ) и одной марки зимнего (ДЗЭЧ) дизельного топлива с содержанием серы до 0,05 % (вид I) и до 0,1 % (вид II).

С учетом ужесточающихся требований по содержанию ароматических углеводородов введена норма по этому показателю: для топлива марки ДЛЭЧ-В — не более 20 %, для топлива марки ДЗЭЧ — не более 10 % (табл. 1.35). Экологически чистые топлива вырабатывают гидроочисткой дизельного топлива, допускается использование в сырье гидроочистки дистиллятных фракций вторичных процессов.

Городское дизельное топливо (ТУ 38.401-58-170–96) предназначено для использования в г. Москве (табл. 1.36). Основное отличие город-

1.35. Характеристики экологически чистого дизельного топлива (ТУ 38.1011348–90)

Показатели	Нормы для марок		
	ДЛЭЧ-В	ДЛЭЧ	ДЗЭЧ
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав, перегоняется при температуре, °С, не выше:			
50 %	280	280	280
96 % (конец перегонки)	360	360	340
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм²/с	3,0-6,0	3,0-6,0	1,8-5,0
Температура, °С, не выше:			
застывания	-10	-10	-35
предельной фильтруемости	-5	-5	-25
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже:			
для тепловозных и судовых дизелей и газовых турбин	40	40	35
для дизелей общего назначения	62	62	40
Массовая доля серы, %, не более, в топливе:			
вида I	0,05	0,05	0,05
вида II	0,1	0,1	0,1
Испытание на медной пластинке	Выдерживает		
Кислотность, мг КОН/100 см³ топлива, не более	5,0	5,0	5,0
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость 10%-ного остатка, %, не более	0,2	0,2	0,2
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2.0	2,0	2,0
Содержание механических примесей и воды	Отсутствие		
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	860	860	840
Содержание ароматических углеводородов, %, не более	20	-	10

1.36. Характеристики дизельного топлива с улучшенными экологическими свойствами (городского) по ТУ 38.401-58-170-96

Показатели	Нормы для марок				
	ДЭК-Л	ДЭК-З	ДЭКп-Л	ДЭКп-З, минус 15°С	ДЭКп-З, минус 20°С
Цетановое число, не менее	49	45	49	45	45
Фракционный состав: перегоняется при температуре, °С, не выше:					
50%	280	280	280	280	280
96% (конец перегонки)	360	340	360	360	360
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм²/с	3,0-6,0	1,8-5,0	3,0-6,0	1,8-6,0	1,8-6,0
Температура, °С, не выше:					
застывания	-10	-35	-10	-25	-35
предельной фильтруемости	-5	-25	-5	-15	-25
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже:					
для тепловозных и судовых дизелей и газовых турбин	62	40	62	40	40
для дизелей общего назначения	40	35	40	35	35
Массовая доля серы, %, не более, в топливе:					
вида I	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
вида II	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Кислотность, мг КОН/100 см³ топлива, не более	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Йодное число, г I_2/100 г топлива	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,04	0,04	0,04
Коксуемость 10 %-ного остатка, %, не более	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Коэффициент фильтруемости (до введения присадки в топливо), не более	2	2	2	2	2
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	860	860	860	860	860

Примечание. Для дизельных топлив всех марок: содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды — отсутствие; испытание на медной пластинке — выдерживают.

ского дизельного топлива от экологически чистого — улучшенное качество благодаря использованию присадок (летом — антидымной, зимой — антидымной и депрессорной). Добавка присадок в городское дизельное топливо снижает дымность и токсичность отработавших газов дизелей на 30-50 %. В качестве антидымной присадки могут быть использованы отечественная ЭФАП-Б и зарубежная Любризол 8288, допущенные к применению. Активным веществом этих продуктов является барий.

Депрессорные присадки, улучшающие низкотемпературные свойства топлива представляют собой, в основном, сополимеры этилена с винилацетатом зарубежного производства.

Европейский стандарт EN 590 действует в странах Европейского экономического сообщества с 1996 г. Стандарт предусматривает выпуск дизельных топлив для различных климатических регионов. Общими для дизельных топлив являются требования по температуре вспышки — не ниже 55 °С, коксуемости 10 %-ного остатка — не более 0,30 %, зольности — не более 0,01 %, содержанию воды — не более 200 ppm, механических примесей — не более 24 ppm, коррозии медной пластинки — класс 1, устойчивости к окислению — не более 25 г осадка/м^3.

Для районов с умеренным климатом изготовляют 6 марок дизельного топлива: А, В, С, D, E и F с предельной температурой фильтруемости +5, 0, -5, -10, -15 и -20 °С соответственно.

Для районов с холодным климатом предусмотрен выпуск пяти классов дизельного топлива со следующими низкотемпературными свойствами:

Класс	0	1	2	3	4
Температура помутнения, °С, не выше	-10	-16	-22	-28	-34
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	-20	-26	-32	-38	-44

В 1996 г. в Европе введены ограничения на содержание серы в дизельных топливах — не более 0,05 %. Таким требованиям отвечают отечественные ТУ 38. 1011348—89.

Котельные, тяжелые моторные, газотурбинные, судовые и печное топлива

Котельные топлива применяют в стационарных паровых котлах, в промышленных печах. Тяжелые моторные и судовые топлива используют в судовых энергетических установках. К котельным топливам относят топочные мазуты марок 40 и 100, вырабатываемые по ГОСТ 10585—75, к тяжелым моторным топливам — флотские мазуты Ф-5 и Ф-12 по

ГОСТ 10585—75, моторные топлива ДТ и ДМ — по ГОСТ 1667—68. К судовым топливам относят дистиллятное топливо ТМС по ТУ 38.101567—87 и остаточные топлива СВТ, СВЛ, СВС по ТУ 38.1011314—90.

В общем балансе перечисленных топлив основное место занимают мазуты нефтяного происхождения. Жидкие котельные топлива из сланцев, получаемые на установках полукоксования горючих сланцев и угля, — продукты коксохимической промышленности — составляют лишь небольшую долю общего объема производства топлив.

Нефтяное топливо для газотурбинных установок предназначено для применения в стационарных паротурбинных и парогазовых энергетических установках, а также в газотурбинных установках водного транспорта. Газовые турбины являются относительно новым видом теплового двигателя. Благодаря своим специфическим свойствам, таким как сравнительно малая масса на единицу мощности, способность к быстрому запуску и работе без охлаждающей жидкости, возможность полной автоматизации и дистанционного управления, газовые турбины получили широкое применение в авиации, а затем в различных отраслях промышленности и транспорта. Их используют также для покрытия пиков нагрузки на электрических станциях. Общей тенденцией газотурбостроения является увеличение КПД и мощности установок путем повышения температуры газов перед турбиной. Это определяет требования к качеству топлива.

Печное бытовое топливо предназначено для сжигания в отопительных установках небольшой мощности, расположенных непосредственно в жилых помещениях, а также в теплогенераторах средней мощности, используемых в сельском хозяйстве для приготовления кормов, сушки зерна, фруктов, консервирования и других целей.

Котельные, тяжелые моторные и судовые топлива

Требования, предъявляемые к качеству котельных, тяжелых моторных и судовых топлив, устанавливающие условия их применения, определяются такими показателями качества, как вязкость, содержание серы, теплота сгорания, температуры застывания и вспышки, содержание воды, механических примесей и зольность.

Свойства

Вязкость. Эта техническая характеристика является важнейшей для котельных и тяжелых моторных топлив. Она определяет методы и продолжительность сливно-наливных операций, условия перевозки и

перекачки, гидравлические сопротивления при транспортировании топлива по трубопроводам, эффективность работы форсунок. От вязкости в значительной мере зависят скорость осаждения механических примесей при хранении, а также способность топлива отстаиваться от воды.

При положительных температурах (50 и 80 °С) условную вязкость топлив определяют по ГОСТ 6258–85 с помощью вискозиметра ВУМ. В США для определения вязкости используют вискозиметр Сейболта универсальный (для маловязких мазутов) и Сейболта Фурола (для высоковязких мазутов), в Англии — вискозиметр Редвуда. Между определенными в различных единицах вязкостями существует зависимость, представленная в табл. 1.37. В ряде спецификаций указывают вязкость, найденную экспериментально и пересчитанную в кинематическую (мм²/с).

На практике часто используют вязкостно-температурные кривые (рис. 1.12 и 1.13). С повышением температуры различие в вязкости топлив существенно уменьшается.

Для мазутов, как и для всех темных нефтепродуктов, зависимость вязкости от температуры приближенно описывается уравнением Вальтера:

$$\lg\lg(\nu\cdot10^{-6} + 0{,}8) = A - B\lg T,$$

где ν — кинематическая вязкость, мм²/с: A и B — коэффициенты, T — абсолютная температура, К.

Вязкость не является аддитивным свойством топлива. При смешении различных котельных топлив вязкость смеси следует определять экспериментально. Ориентировочно вязкость таких смесей можно определять по номограмме (рис. 1.14).

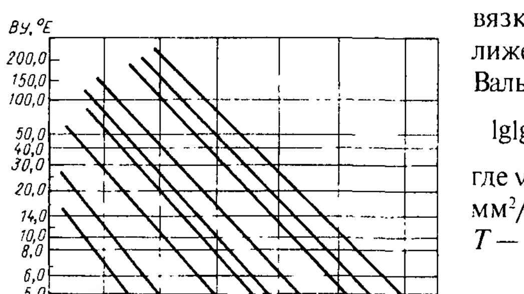


Рис. 1.12. Зависимость условной вязкости ВУ мазута от температуры

1.37. Таблица перевода вязкости в различных единицах

Кинематическая, мм²/с	Условная, °ВУ	по Сейболту, с (130 °F)	по Редвуду (R), с (140 °F)	Кинематическая, мм²/с	Условная, °ВУ	по Сейболту, с (130 °F)	по Редвуду (R), с (140 °F)
2	1,119	32,66	30,95	95	12,51	439,7	387,8
4	1,307	39,17	35,95	100	13,17	462,9	408,2
6	1,479	45,59	41,05	105	13,83	486,1	428,6
8	1,651	52,10	46,35	110	14,48	509,2	449,0
10	1,831	58,91	52,00	115	15,14	532,3	469,4
11	1,924	62.42	55,00	120	15,80	555,4	489,8
12	2,020	66,03	58,10	125	16,45	578,7	510.3
13	2,118	69,73	61,30	130	17,11	601,8	530,7
14	2,218	73,54	64,55	135	17,77	624,8	551,1
15	2,32	77,35	67,95	140	18,43	648,1	571,5
16	2,43	81,25	71,40	145	19,08	671,2	591,9
17	2,53	85,26	74,85	150	19,74	694,4	612,3
18	2,64	89,37	78,45	155	20,40	717.5	632,7
19	2,75	93.48	82,10	160	21,06	740.6	653,2
20	2,87	97,69	85,75	165	21,71	763.8	673,6
22	3,10	106,2	93,25	170	22,37	786,9	693,9
24	3,34	114,8	100,9	175	23,03	810,2	714,4
26	3,58	123,5	108.6	180	23,69	833,3	734.8
28	3,82	132,4	116,5	185	24,35	856,4	755,2
30	4,07	141,2	124,4	190	25,00	879,5	775,6
32	4,32	150,0	132,3	200	26,3	925,8	816,4
34	4,57	159,0	140,2	210	27,6	972,0	857,2
36	4,82	168,0	148.2	220	28,9	1018,4	898,0
38	5,08	177,0	156,2	230	30,3	1064,7	938,9
40	5,33	186,0	164,3	240	31,6	1111,0	979,7
42,5	5,66	197,4	174,4	250	32,9	1157,3	1020,5
45	5,98	208,8	184,5	260	34,2	1203.5	1061,4
47,5	6,30	220,3	194,6	270	35,5	1249,8	1102,2
50	6,62	231,8	204,7	280	36,8	1296,1	1143,0
52,5	6,95	243,4	214,8	290	38,2	1342,4	1183,8
55	7,28	254,9	225,0	300	39,4	1388,7	1224,6
57,5	7,60	266,4	235,2	320	42,1	1481,3	1306,2
60	7,93	277,9	245,3	340	44,7	1573,8	1387,9
65	8.58	301,0	265,7	360	47,4	1666,4	1469,6
70	9,23	324,0	286,0	380	50,0	1759,0	1551,2
75	9,89	347,1	306,1	400	52,6	1852	1633
80	10,54	370,3	326,6	450	59,2	2083	1837
85	11,20	393,4	347,0	500	65,8	2315	2041
90	11,86	416,6	367,4	1000	131,6	4629	4082

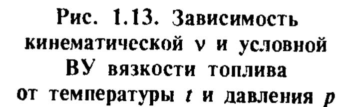


Рис. 1.13. Зависимость кинематической ν и условной ВУ вязкости топлива от температуры *t* и давления *p*

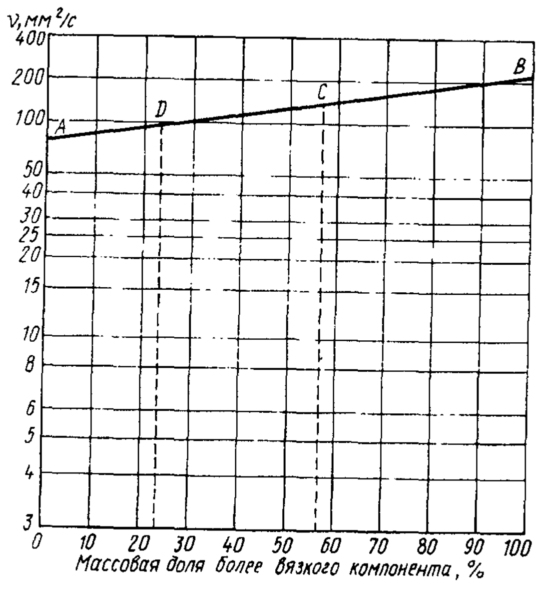


Рис. 1.14. Номограмма для определения кинематической вязкости ν топливных смесей

Достаточно хорошие результаты дает расчет по формуле:

$$\lg\lg(\nu_{см} + 0{,}8) = x\lg\lg(\nu_1 + 0{,}8) + (1 - x)\cdot\lg\lg(\nu_2 + 0{,}8),$$

где ν_1, ν_2, $\nu_{см}$ — кинематическая вязкость компонентов 1, 2 и смеси, мм²/с; x — содержание одного из компонентов, %.

Котельные и тяжелые моторные топлива являются структурированными системами. Для их характеристики, особенно при выполнении сливно-наливных операций, помимо ньютоновской вязкости необходимо учитывать реологические свойства топлив. Вязкость при низких температурах определяют по ГОСТ 1929–87 с помощью ротационного вискозиметра «Реотест».

Принцип действия прибора «Реотест» основан на измерении сопротивления, которое оказывает испытуемый продукт вращающемуся внутреннему цилиндру. Это сопротивление зависит только от внутреннего трения жидкости и прямо пропорционально абсолютной вязкости. По мере того как скорость сдвига увеличивается, вязкость уменьшается. Когда вся структура полностью разрушена, вязкость становится постоянной. Ее называют динамической. Методика позволяет определять как вязкость полностью разрушенной структуры мазута η, так и начальное напряжение τ_0, являющееся мерой прочности структуры мазута, значение которого необходимо знать при расчете трубопроводов. На рис. 1.15 представлена типичная зависимость динамической вязкости мазута η и напряжения сдвига τ от скорости сдвига *r*. Продолжение прямолинейного участка реологической кривой до пересечения с осью позволяет получить начальное усилие сдвига τ_0 Пользуясь такими вискозиметрами, можно рассчитать перепад давлений и объемную скорость потока для ламинарного и турбулентного режимов.

Для всех остаточных топлив характерна аномалия вязкости: после термической обработки или соответствующего механического воздействия повторно определяемая вязкость при той же температуре оказывается ниже начальной. Объясняется это присутствием в котельных топливах высокомолекулярных парафиновых углеводородов и асфальто-смолистых веществ: чем их больше в топливе, тем выше вязкость и начальное напряжение сдвига

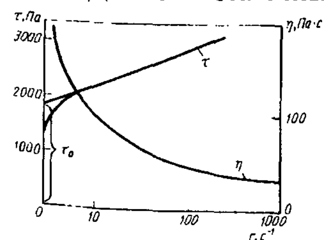


Рис. 1.15. Зависимость динамической вязкости η и напряжения сдвига τ от скорости сдвига *r*

$$\lg\eta_{20} = 0{,}0227\ П\cdot A_с.$$

где *П* — содержание парафиновых углеводородов; $А_с$ — содержание асфальто-смолистых веществ.

Содержание серы. В остаточных топливах содержание серы зависит от типа перерабатываемой нефти (сернистой или высокосернистой) и технологии получения топлива. Сера в остаточных топливах находится в связанном состоянии (меркаптановая сера, сероводород). Наиболее коррозионно-агрессивных соединений — меркаптановой серы — в остаточных топливах меньше, чем в среднедистиллятных фракциях. Поэтому коррозионная агрессивность сернистых мазутов ниже, чем сернистых светлых нефтепродуктов.

При сжигании сернистых топлив сера превращается в оксиды — SO_2 и SO_3. Наличие в дымовых газах SO_3 повышает температуру начала конденсации влаги — точку росы. В связи с тем, что температура хвостовых поверхностей котлов (воздухоподогревателей, экономайзеров) близка к точке росы дымовых газов, на этих поверхностях конденсируется серная кислота, которая и вызывает усиленную коррозию металла. На рис. 1.16 показана зависимость точки росы от содержания серы.

Содержание серы в мазутах оказывает значительное влияние на экологическое состояние воздушного бассейна. В ряде ведущих капиталистических стран в последние годы приняты ограничения по содержанию серы в мазутах до уровня 0,5–1,0 %.

Теплота сгорания. Это одна из важнейших характеристик топлива, от которой зависит его расход, особенно для топлив, применяемых в судовых энергетических установках, так как при заправке топливом с более высокой теплотой сгорания увеличивается дальность плавания. Теплота сгорания зависит от отношения Н/С, а также элементного состава топлива и его зольности. Различают высшую и низшую теплоту сгорания. При определении высшей теплоты сгорания учитывают, что часть тепла, выделяющегося при сгорании топлива, расходуется на конденсацию паров воды, образовавшейся при сгорании водорода в топливе. При определении низшей теплоты сгорания тепло, затрачиваемое на образование воды, не учитывается. Стандарты на котельные топлива регламентируют низшую теплоту сгорания. Для котельных

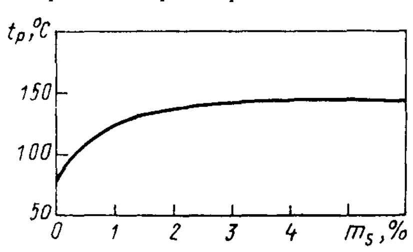


Рис. 1.16. Зависимость точки росы $t_р$ от массовой доли серы m_s

топлив она находится в пределах 39900–41454 кДж/кг при плотности 940–970 кг/м³ в то время, как для дизельных топлив плотностью 835–855 кг/м³ теплота сгорания составляет примерно 42000 Дж/кг. Теплота сгорания высокосернистых топлив всегда ниже, чем сернистых или малосернистых. Зная соотношение углерода и водорода и плотность топлива, по номограмме (рис. 1.17) можно найти низшую теплоту сгорания.

Температура застывания. Как и вязкость, температура застывания характеризует условия слива и перекачки топлива. Она зависит от двух основных факторов: качества перерабатываемой нефти и способа получения топлива. Для топочных мазутов марок 40 и 100 $t_{заст}$ находится в пределах 22–25 °С и практически постоянна при хранении топлив. Тяжелые моторные топлива, получаемые смешением остаточных и дистиллятных фракций, довольно не стабильны, их $t_{заст}$ при хранении может повышаться на 4–15 °С. Явление это присуще только топливам, содержащим остаточные компоненты— такие как флотский мазут Ф-5, моторное топливо ДТ и ДМ и экспортный мазут (табл. 1.38). Полагают, что повышение $t_{заст}$ при хранении (регрессия) обусловлено взаимодействием парафиновых углеводородов и асфальтено-смолистых веществ с образованием более жесткой кристаллической структуры. Это свойство топлив очень затрудняет их применение и не позволяет гарантировать соответствующее качество после хранения и транспортирования.

Большое влияние на $t_{заст}$ оказывают температура нагрева, скорость охлаж-

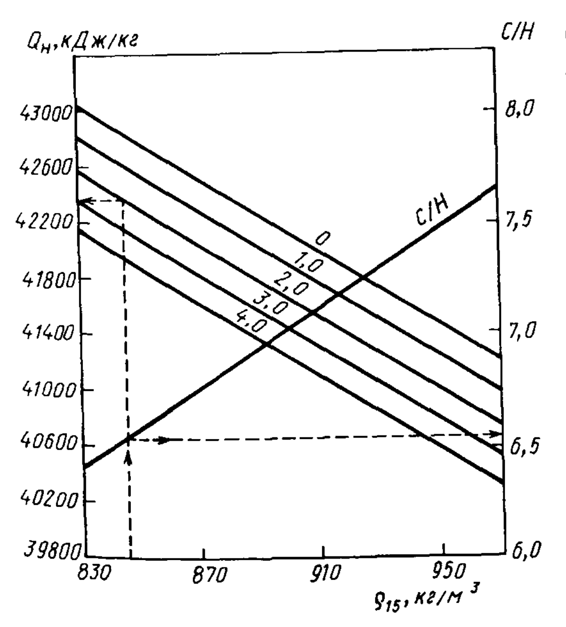


Рис. 1.17. Номограмма для определения низшей теплоты сгорания топлив $Q_н$ в зависимости от плотности ρ_{15} и соотношения С/Н (цифра у линии — массовая доля серы, %)

1.38. Изменение температуры застывания, °С, моторных и котельных топлив при хранении

После термообработки (95-100 °С)	После хранения в течение					
	1 сут.	2 нед.	1 мес.	3 мес.	6 мес.	12 мес.
Флотский мазут Ф-5						
-5	1	5	7	7	9	11
-6	-4	2	2	2	6	6
-9	-1	-1	-1	-1	2	2
-6	0	6	6	6	16	16
-11	-7	-5	-5	-5	-5	-5
-16	-15	-13	-13	-13	-13	-13
-15	-11	-7	-5	-5	-5	-5
-13	-10	-4	-2	-2	-2	-2
-12	-9	-1	-1	7	9	9
-11	-10	-8	-6	-6	-5	-5
Экспортный мазут						
-2	2	8	10	10	10	10
-2	6	10	10	12	12	12
1	5	7	7	10	10	12
-8	-3	1	2	2	4	4
-10	-7	-5	-5	-3	-3	-3
0	6	6	6	6	7	7
Моторное топливо ДТ						
-6	-4	-2	-2	-2	-2	-2
-8	-8	-8	-8	-6	-2	-2
-11	-9	-5	-5	-5	-5	-5
Мазут марки 40						
14	16	16	18	18	18	18
8	8	12	12	15	15	15
20	22	22	22	22	22	22
16	18	18	18	18	-	18
22	22	22	22	24	24	24
Мазут марки 100						
34	34	36	36	36	36	36
22	22	22	22	22	22	22
23	25	25	25	25	25	25
24	26	26	26	26	26	26

дения, наличие или отсутствие перемешивания и даже диаметр сосуда, в котором она определяется. Для котельных топлив $t_{заст}$ изменяется в зависимости от условий термической обработки (рис. 1.18). С повышением температуры термообработки до 40—70 °С $t_{заст}$ топлива возрастает. Дальнейшее повышение температуры термообработки до 100 °С приводит к резкому ее снижению, что связано с изменением структуры топлива, а именно, с повышением температуры в структуре мазута, представляющего собой сплошную сетку, составленную из мелких игл с вкраплением в нее крупных кристаллических конгломератов парафинов, последние постепенно исчезают, и структура становится однородно сетчатой. Не менее важна и скорость охлаждения топлив. С увеличением скорости охлаждения $t_{заст}$, как правило, повышается вследствие возникновения большого числа центров кристаллизации, равномерно распределенных по всему объему и способствующих созданию прочной структурной решетки парафина.

Рассчитать $t_{заст}$ или установить ее значение во времени не представляется возможным, так как не удается учесть все факторы, влияющие на эту температуру, — продолжительность хранения, термические изменения, происходящие в процессе хранения.

Учитывая нестабильность $t_{заст}$, стандарты на флотский мазут, моторное топливо предусматривают гарантии изготовителя: по истечении 3 мес. хранения температура застывания не должна превышать установленного стандартом значения минус 5 °С — для флотского мазута и моторного топлива. Срок гарантии установлен, исходя из экспериментальных данных. Как правило, изменение $t_{заст}$ после 3 мес. хранения крайне редко.

Регрессия $t_{заст}$ обусловливает необходимость выработки

Рис. 1.18. Зависимость температуры застывания мазута $t_{заст}$ от температуры термической обработки $t_{об}$:
1 — вязкость 5,8 °ВУ при 50°С, $t_{заст}$ = -16°С; *2* — 9 °ВУ, $t_{заст}$ = -5 °С; *3* — 86 °ВУ, $t_{заст}$ = 22 °С

топлива с запасом качества по этому показателю, что приводит к вовлечению в состав таких продуктов неоправданно большого количества дизельного топлива. Так, для получения флотского мазута Ф-5 на нефтеперерабатывающем предприятии вовлекают в мазут 50–60 % дизельного топлива, а для получения топлива, удовлетворяющего требованиям ГОСТ 10585–75 по всем показателям качества, кроме $t_{заст}$, достаточно 12,5–40 % дизельного топлива (табл. 1.39).

На снижение $t_{заст}$ котельных топлив влияет температура застывания дистиллятной фракции. Нередко полагают, что чем она ниже, тем меньше дистиллятной фракции требуется для получения товарного мазута. Это справедливо до определенного содержания дистиллятного компонента в товарном мазуте (рис. 1.19). Практика показала, что для снижения $t_{заст}$ мазута (когда используют 10–50 % дизельных фракций)

1.39. Характеристики флотского мазута без присадки и с депрессорной присадкой

Показатели	Образец № 1		Образец № 2	
	без присадки	0,01 % присадки	без присадки	0,05 % присадки
Состав, %:				
мазут прямогонный	40-50	87	45-50	70
дизельная фракция	60-50	13	55-60	30
Условная вязкость при 50 °С, °ВУ	1,2-2,0	3,63	1,6-3,1	5,0
Зольность, %	0,001-0,03	0,024	0,008-0,017	0,012
Массовая доля серы, %	0,7-1,2	1,34	1,1-1,5	1,44
Температура застывания после 3 мес. хранения, °С	-7...-11	-11	-7...-9	-16
Коксуемость, %	1,3-3,9	3,05	3,6 — 4.0	4,1

Показатели	Образец № 3		Образец № 4	
	без присадки	0,03 % присадки	без присадки	0,05 % присадки
Состав, %:				
мазут прямогонный	30-40	75	45-55	60
дизельная фракция	70-60	25	55-45	40
Условная вязкость при 50 °С, °ВУ	1,7-2,5	4,36	1,8-4,3	3,53
Зольность, %	0,018-0,023	0,040	0,014-0,018	0,038
Массовая доля серы, %	1,2-1,3	1,94	1,3-1,6	1,6
Температура застывания после 3 мес. хранения, °С	-7...-9	-8	-7...-11	-15
Коксуемость, %	2,1 -3,0	5,2	3,0-5,6	4,2

необходимо, чтобы $t_{заст}$ дистиллятного компонента была не выше -10...-12 °С, в противном случае его содержание в смеси заметно возрастает. Например, для получения остаточного топлива с температурой застывания 10 °С потребуется 25 % дизельного топлива с $t_{заст}$ = -2 °С или 18 % дизельного топлива с $t_{заст}$ = -12 °С.

Для снижения температуры застывания применяют депрессорные присадки, синтезированные на основе сополимера этилена с винилацетатом. Механизм их действия заключается в модификации структуры кристаллизующегося парафина, препятствующей образованию прочной кристаллической решетки.

С углублением переработки нефти содержание асфальто-смолистых веществ в топливах будет увеличиваться, поэтому все более острой становится проблема производства стабильных котельных топлив. Асфальтены в мазутах находятся в коллоидном состоянии. Устойчивость асфальтено-содержащих дисперсных систем зависит от природы циклического углеводорода и его концентрации в дисперсной среде. Наличие ароматических и нафтеновых углеводородов повышает седиментационную устойчивость дисперсной системы, причем для ароматических углеводородов этот эффект значительно больше, чем для нафтеновых: ароматические углеводороды более склонны к взаимодействию с молекулами асфальтенов, растворимость последних тем больше, чем выше концентрация ароматического компонента. В такой среде асфальтены диспергируются с образованием тонкодисперсных коллоидных и молекулярно-дисперсных частиц. В среде парафиновых углеводородов образуется преимущественно грубодисперсная система. Так как нафтеновые углеводороды по строению являются промежуточными между парафиновыми и ароматическими, то и кинетическая и агрегативная устойчивость асфальтенов в них меньше, чем в ароматических, и больше, чем в парафиновых.

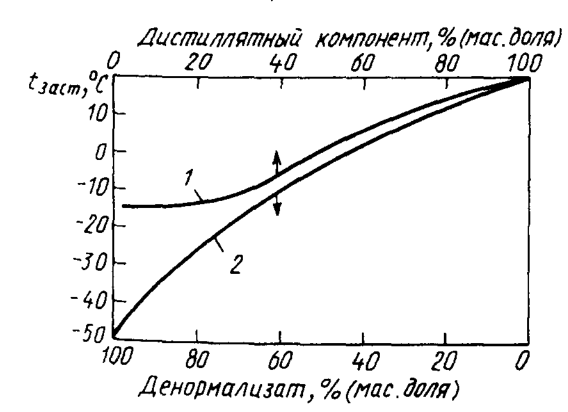


Рис. 1.19. Зависимость температуры застывания $t_{заст}$ прямогонного мазута от температуры застывания дистиллятного компонента:
1 — дистиллятный компонент, $t_{заст}$ = -15 °С;
2 — денормализат процесса «Парекс», $t_{заст}$ = -48 °С

Температура вспышки определяет требования к пожарной безопасности остаточных топлив. Для топлив, используемых в судовых энергетических установках, нормируется температура вспышки в закрытом тигле (>75–80 °С), для котельных топлив — в открытом тигле (90–100 °С); эти нормы обеспечивают безопасную работу судовых энергетических и котельных установок. Разница между температурами вспышки в открытом и закрытом тиглях составляет примерно 30 °С:

Температура вспышки, °С:	Мазут марки 40	Мазут марки 100
в открытом тигле	92	120
в закрытом тигле	61	93

Содержание воды, механических примесей и зольность. Эти компоненты являются нежелательными составляющими котельных топлив, так как присутствие их ухудшает экономические показатели работы котельного агрегата, увеличивает коррозию хвостовых поверхностей его нагрева. При использовании обводненного котельного топлива в судовых энергетических установках в результате попадания глобул воды на поверхности трения деталей, прецизионных пар и нарушение таким образом условий смазывающей способности топлива возможно зависание плунжеров или форсуночных игл. Как правило, вода образует с котельным топливом очень стойкие эмульсии. Большая стойкость эмульсий обусловлена высокой вязкостью мазута и наличием в нем поверхностно-активных асфальтено-смолистых стабилизаторов. С повышением температуры эмульсии разрушаются вследствие уменьшения поверхностного натяжения и вязкости.

В то же время наличие воды, равномерно распределенной по всему объему, оказывает положительное влияние на эксплуатационные свойства топлив. Испарение мелкодисперсных частиц воды происходит мгновенно в виде «микровзрыва», процесс сгорания протекает плавно и с достаточной полнотой, что приводит к снижению удельного расхода топлива и дымности отработавших газов. Равномерное распределение и образование воды в виде мелкодисперсных частиц обеспечивается с помощью специальных устройств: кавитаторов, смесителей.

Механические примеси засоряют фильтры и форсунки, нарушая процесс распыливания топлива. Установлены требования к содержанию механических примесей: для мазута марки 40 — не более 0,5 %, марки 100 — не более 1,0 %. Фактически топочные мазуты вырабатывают с более низким содержанием механических примесей — до 0,2 % и лишь на отдельных нефтеперерабатывающих предприятиях эти значения приближаются к установленным по ГОСТ 10585–75.

1.40. Состав золы остаточных топлив

Топливо	Содержание в топливе, %			Содержание в золе, %						
	S	V	золы	Na	Ca	Fe	Ni	Mg	Al	Si
Мазут марки 40	2,72	0,008	0,096	14	3,5	3,8	8,5	1,0	1,2	3,0
Мазут марки 100	2,80	0,012	0,14	15	6,2	1,4	1,3	1,3	0,45	0,63
Мазут марки Ф-5	2,0	0,0073	0,05	16	2,5	10	5	0,7	1,8	1,0
Топливо ДТ	1,5	0,0002	0,03	16	6,8	1,9	1,5	1,8	1,5	4,3

Зола, определяемая показателем зольность, характеризует наличие в топливе солей металлов. Она отлагается при сжигании топлив на поверхностях нагрева котлов и проточной части газовых турбин. Это ухудшает теплоотдачу, повышает температуру отходящих газов, снижает КПД котлов и газовых турбин. Состав золы котельных топлив приведен в табл. 1.40.

Зольность топлив зависит, прежде всего, от содержания солей в нефти. Улучшение обессоливания нефтей на нефтеперерабатывающих предприятиях в последние годы позволило получить обессоленные нефти с содержанием солей не более 3–5 мг/л и вырабатывать котельные топлива с лучшими показателями зольности.

С углублением переработки нефти изменяется компонентный состав мазута вследствие более полного отбора из него дизельных фракций на установках вторичной переработки нефти. В результате, в топочном мазуте увеличивается содержание асфальто-смолистых веществ. Это приводит к снижению эффективности горения и ухудшению стабильности при хранении, образованию осадков и увеличению выбросов сажи в окружающую среду. Для таких топлив целесообразно использование полифункциональной присадки, например, ВНИИНП-200. Механизм ее действия основан на разрушении структуры асфальто-смолистых веществ мазута, благодаря чему улучшается его гомогенность и физическая стабильность, улучшается качество распыливания.

Ассортимент, качество и состав

Стандарт на **котельное топливо** — ГОСТ 10585–75 (табл. 1.41) предусматривает выпуск четырех его марок: флотских мазутов **Ф-5** и **Ф-12**, которые по вязкости классифицируются как легкие топлива, топочных мазутов марки 40 — как среднее и марки 100 — тяжелое топливо. Цифры указывают ориентировочную вязкость соответствующих марок мазутов при 50 °С. В зависимости от содержания серы топочные мазуты подразделяют на низкосернистые — до 0,5 %, малосернистые — от 0,5 % до 1,0 %, сернистые — от 1,0 до 2,0 % и высокосернистые — от 2,0 до 3,5 %.

8 -- 1890

Топочные мазуты марок 40 и 100 изготовляют из остатков переработки нефти. В мазут марки 40 для снижения температуры застывания до 10 °С добавляют 8–15 % среднедистиллятных фракций, в мазут марки 100 дизельные фракции не добавляют.

1.41. Характеристики мазута (ГОСТ 10585-75)

Показатели	Марка топлива			
	Ф-5	Ф-12	40	100
Вязкость при 50 °С, не более:				
условная, °ВУ	5,0	12,0	-	-
соответствующая ей кинематическая, мм²/с	36,2	89,0	-	-
Вязкость при 80 °С, не более:				
условная, °ВУ	-	-	8,0	16,0
соответствующая ей кинематическая, мм²/с	-	-	59,0	118,0
Динамическая вязкость при 0 °С, Па·с, не более	2,7	-	-	-
Зольность, %, не более, для мазута:				
малозольного	-	-	0,04	0,05
зольного	0,05	0,10	0,12	0,14
Массовая доля, %, не более:				
механических примесей	0,10	0,12	0,5	1,0
воды	0,3	0,3	1,0	1,0
Массовая доля серы, %, не более, для мазута:				
низкосернистого	-	-	0,5	0,5
малосернистого	-	0,6	1,0	1,0
сернистого	2,0	-	2,0	2,0
высокосернистого	-	-	3,5	3,5
Коксуемость, %, не более	6,0	-	-	-
Температура вспышки, °С, не ниже:				
в закрытом тигле	80	90	-	-
в открытом тигле	-	-	90	110
Температура застывания, °С, не выше	-5	-8	10; 25*	25; 42*
Теплота сгорания (низшая) в пересчете на сухое топливо (не браковочная), кДж/кг, не менее, для мазута:				
низкосернистого, малосернистого и сернистого	41454	41454	40740	40530
высокосернистого	-	-	39900	39000
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	955	960	-	-

* Для мазута из высокопарафинистых нефтей

Примечание. Для всех марок топлива содержание водорастворимых кислот и щелочей, сероводорода — отсутствие.

Флотские мазуты марок Ф-5 и Ф-12 предназначены для сжигания в судовых энергетических установках. По сравнению с топочными мазутами марок 40 и 100 они обладают лучшими характеристиками: меньшими вязкостью, содержанием механических примесей и воды, зольностью и более низкой температурой застывания. Флотский мазут марки Ф-5 получают смешением продуктов прямой перегонки нефти: в большинстве случаев 60–70 % мазута прямогонного и 30–40 % дизельного топлива с добавлением депрессорной присадки. Допускается использовать в его составе до 22 % керосино-газойлевых фракций вторичных процессов, в том числе легкого газойля каталитического и термического крекинга. Флотский мазут марки Ф-12 вырабатывают в небольших количествах на установках прямой перегонки нефти. Основными отличиями мазута Ф-12 от Ф-5 являются более жесткие требования по содержанию серы (<0,8 % против <2,0 %) и менее жесткие требования по вязкости при 50 °С (<12 °ВУ против <5 °ВУ).

Кроме флотских и топочных мазутов промышленность выпускает **технологическое экспортное топливо** по ТУ 38. 001361–87 (табл.1.42). Это топливо изготовляют только из продуктов прямой перегонки нефти

1.42. Характеристики технологического экспортного топлива

Показатели	Марка топлива			
	Э-2	Э-3	Э-4	Э-5
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	920	930	965	965
Вязкость:				
условная при 80 °С, °ВУ, не более	2,0	3,0	4,0	5,0
соответствующая ей кинематическая, мм²/с, при 50 °С, не более	30	70	-	-
Зольность, %, не более	0,02	0,05	0,1	0,1
Массовая доля серы, %, не более, в топливе:				
I вида	0,5	0,5	-	-
II вида	1,0	1,0	-	-
III вида	-	-	2,0	2,0
IV вида	-	-	2,5	2,5
Массовая доля, %, не более:				
механических примесей	0,05	0,05	0,2	0,2
воды			0,5	
ванадия	0,001	0,002	0,012	0,020
Температура, °С:				
застывания, не выше	15	15	15	15
вспышки в закрытом тигле, не ниже	65	65	75	75
Теплота сгорания низшая, кДж/кг, не менее	40402	40402	40402	40402

и поставляют на экспорт. Для оценки прямогонности топлива введен показатель, определяемый по ГОСТ Р 50837.1—95 — Р 50837.8—95. Конкретно метод определения прямогонности топлива устанавливается контрактом на его поставку.

Для судовых энергетических установок вырабатывают несколько видов топлив, в том числе моторное топливо по ГОСТ 1667—68, судовое маловязкое топливо по ТУ 38. 101567—87 и судовое высоковязкое топливо по ТУ 38.1011314—90.

Моторное топливо ДТ по ГОСТ 1667—68 (табл. 1.43) по вязкости приближается к флотскому мазуту Ф-5, но в его состав могут входить все компоненты, обеспечивающие качество топлива.

Судовое маловязкое топливо по ТУ 38.101567—87 (табл. 1.44) — это среднедистиллятное топливо, в отличие от моторного ДТ и судового высоковязкого топлива, получаемых смешением остаточных и среднедистиллятных фракций. Предназначено для применения в судовых энергетических установках вместо дизельного топлива. Компонентами

1.43. Характеристики моторного топлиаа для среднеоборотных и малооборотных дизелей (ГОСТ 1667-68)

Показатели	Марка топлива	
	ДТ	ДМ
Плотность при 20 °С, г/см³, не более	0,930	0.970
Фракционный состав:		
до 250 °С перегоняется, %, не более	15	15
Вязкость при 50 °С:		
кинематическая, мм²/с, не более	36	130
соответствующая ей условная, °ВУ, не более	2,95	17,4
Коксуемость, %, не более	3,0	9,0
Зольность, % не более	0,04	0,06
Массовая доля серы, %, не более:		
в малосернистом топливе	0,5	2,0
в сернистом топливе	1,5	2,0
Массовая доля, %, не более:		
механических примесей	0,05	0,1
воды	0,5	0,5
ванадия	0,015	0,01
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	65	85
застывания, не выше	-5	10

Примечание. Для марок ДТ и ДМ содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие.

1.44. Характеристики маловязкого судового топлива (ТУ 38.101567-87)

Показатели	Значение
Вязкость:	
условная при 20 °С, °ВУ, не более	2,0
соответствующая ей кинематическая, мм²/с, не более	11,4
Цетановое число, не менее	40
Температура, °С:	
вспышки в закрытом тигле °С, не ниже	62
застывания, не выше	-10
Массовая доля, %, не более:	
серы	1,5
меркаптановой серы	0,025
воды	Следы
механических примесей	0,02
Коксуемость, %, не более	0,2
Зольность, %, не более	0,01
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие
Плотность при 20 °С, г/м³, не более	890
Йодное число, г йода на 100 г топлива, не более	20

маловязкого судового топлива являются негидроочищенные прямогонные атмосферные и вакуумные дистилляты, продукты вторичного происхождения — легкие и тяжелые газойли каталитического и термического крекинга, коксования.

Судовое высоковязкое топливо (ТУ 38.101 1314—90) (табл. 1.45), предназначено для применения в судовых энергетических установках иностранного производства, эксплуатация которых предусмотрена на топливах, соответствующих международному стандарту на судовые топлива MS ISO/DIS-F-8217. Получают его компаундированием остатков прямой перегонки и деструктивных процессов с добавлением среднедистиллятных фракций. С учетом специфики применения судового высоковязкого топлива в нем ограничено содержание ванадия:

Марка топлива	СЛ	СВЛ	СВТ	СВС
Содержание ванадия, %	0,001	0,01	0,02	0,04

Газотурбинное топливо

Согласно ГОСТ 10433—75 нефтяное топливо для газотурбинных установок получают из дистиллятов вторичных процессов и прямой

1.45. Характеристики судового высоковязкого топлива (ТУ 38.1011314-90)

Показатели	Марка топлива			
	СЛ	СВЛ	СВТ	СВС
Условная вязкость, °ВУ, не более, при температуре:				
50 °С	4,0	5,0	-	-
80 °С	-	-	8,0	16,0
100 °С	-	-	-	Не нормируется. Определение обязательно.
Зольность, %, не более:				
I тип	0,02	0,04	0,04	0,15
II тип	-	0,05	0,12	-
Массовая доля, %, не более:				
механических примесей	0,05	0,10	0,30	0,60
воды	0,2	0,5	1,0	1,0
ванадия	0,001	0,01	0,02	0,04
Массовая доля серы, %, не более:				
I вид	0,5	1,0	2,0	5,0
II вид	1,0	2,0	3,5	-
III вид	-	2,5	1,0	-
IV вид	-	0,5	-	-
Коксуемость, %, не более	4,0	7,0	15.0	22.0
Температура вспышки, °С, не ниже:				
в закрытом тигле	65	65	-	-
в открытом тигле	-	-	90	100
Температура застывания, °С, не выше	15	5	15	25
Плотность при 20 °С, (не браковочная), кг/м^3, не выше	930	965	995	1015

перегонки нефти. В табл. 1.46 приведены требования к качеству газотурбинного топлива. Оно характеризуется низкой зольностью — 0,01 %, (т.е. на уровне дизельного топлива), так как при повышенной зольности в проточной части турбины образуются отложения. В топливе строго ограничивается содержание ванадия и серы. Наличие ванадия приводит к высокотемпературной ванадиевой коррозии лопаток газовой турбины, при этом коррозионно-активной является пятиокись ванадия V_2O_5. Последняя при температуре > 650 °С, будучи в полужидком состоянии, катализирует процесс окисления металла кислородом и одновременно

1.46. Характеристики топлива для газотурбинных установок (ГОСТ 10433-75)

Показатели	Марка топлива	
	А	Б
Условная вязкость при 50 °С, °ВУ, не более	1,6	3,0
Теплота сгорания низшая, кДж/кг, не менее	39800	39800
Зольность, %, не более	0,01	0,01
Массовая доля, %, не более:		
ванадия	0,00005	0,0004
суммы натрия и калия	0,0002	-
кальция	0,0004	-
серы	1,8	2,5
механических примесей	0,02	0,03
воды	0,1	0,5
Коксуемость, %, не более	0,2	0,5
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	65	62
застывания, не выше	5	5
Йодное число, г I_2/100 г топлива, не более	-	45
Плотность при 20 °С, кг/м^3, не выше	-	935
Массовая доля свинца	Отсутствие или ≤0,0001%	-

Примечание. Для топлив марок А и Б содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие.

растворяет продукты окисления, способствуя взаимодействию кислорода с металлом. С повышением содержания ванадия в топливе скорость коррозии возрастает, и чем выше температура, тем при более низком его содержании наблюдается характерный перелом, свидетельствующий о начале катастрофического коррозионного процесса. Сера усиливает ванадиевую коррозию железных сплавов.

Ванадий в нефти распределяется неравномерно. Основная часть его концентрируется в остатках переработки нефти (табл. 1.47). Немного ванадия содержится и в дистиллятных фракциях, причем во фракциях, получаемых прямой перегонкой, в несколько большем количестве, чем в дистиллятных фракциях вторичных процессов (легких газойлях коксования, каталитического и термического крекинга), так как ванадий остается на катализаторе, либо концентрируется в остатках, образую-

щихся при проведении термических процессов. Содержание ванадия во фракциях, %:

Прямогонное дизельное топливо	$0{,}5 \cdot 10^{-4}$
Легкий газойль каталитического крекинга	$<0{,}1 \cdot 10^{-4}$
Легкий газойль коксования	$<0{,}1 \cdot 10^{-4}$

Определяют содержание ванадия по ГОСТ 10364–90. Этот метод позволяет достоверно определить содержание ванадия в пределах 0,003...0,02 %. При меньшем содержании ванадия его определяют атомно-адсорбционным методом.

Даже при малом содержании ванадия возможна коррозия, вызываемая присутствием натрия и калия (натрий попадает в топливо с водой, особенно при транспортировании его водным транспортом). Сульфат натрия Na_2SO_4, попадая в камере сгорания в зоны высоких температур, диссоциирует, и сульфат-ион, в свою очередь, также диссоциирует, при этом выделяется триоксид серы и ион кислорода. Последний взаимодействует с оксидной пленкой, и сульфат-ион, в случае нарушения защитной пленки, непосредственно взаимодействует с металлом лопатки, при этом образуются сульфид и оксид металла, а также ион кислорода. Обычно содержание натрия и калия в газотурбинных топливах не превышает 0,0004 %.

1.47. Распределение металлоа во фракциях нефтей

Пределы выкипания фракций, °C	Массовая доля серы, %	Содержание металлоа, г/т					
		V	Ni	Ca	Fe	Mg	Na
Арланская нефть							
Исходная нефть	2,92	150	50	2,0	32	0,6	3,0
200-250	0,98	0,006	Следы	0,5	0,4	0,16	0,3
250-300	2,40	0,01	Следы	0,6	0,3	0,15	0,4
300-350	2.85	0,02	Следы	0,3	0,6	0,30	0,4
350-400	3,50	0.12	0.06	0.5	1,8	0,30	0,4
>400	4,30	300	100	4	65	1,4	6,0
Смесь западносибирских нефтей							
Исходная нефть	1,34	45	7,0	6	40	1,0	-
400-450	1,76	0,03	0,1	4	0,4	0,20	-
>350		90	20	10	30	1,0	-
>450	2,79	150	30	20	60	3,0	-
Масла > 450	2,01	70	10	8	20	1,0	-
Смолы	3,59	130	14	10	30	4,0	-
Асфальтены	4,03	830	180	150	50	15	-

По ГОСТ 10433–75 вырабатывают две марки топлива: топливо марки А предназначено для пиковых энергетических установок, марки Б – для судовых и других газотурбинных установок. С учетом условий работы пиковых энергетических установок к топливу марки А предъявляют более жесткие требования по сравнению с топливом марки Б по содержанию ванадия: до 0,5 ppm и 4 ppm соответственно. В топливе марки А ограничивается содержание свинца – до 1 ppm. Газотурбинные топлива получают компаундированием легких газойлей коксования, каталитического крекинга и прямогонных фракций дизельного топлива, выкипающих в пределах 180–420 °C. В некоторых случаях газотурбинное топливо получают только на основе продуктов прямой перегонки, тогда возникают трудности с обеспечением требуемой температуры застывания (5 °C). Последняя является важным показателем при использовании топлива на газотурбинных установках водного транспорта, не оборудованных системами подогрева. Снизить $t_{заст}$ можно введением депрессорных присадок:

Концентрация присадки, %	0	0,0125	0,025	0,05	0,10
Температура застывания, °C	15	7	1	-13	-25

Концентрация в топливе присадки зависит от типа перерабатываемой нефти, состава и технологии получения топлива.

Печное топливо

Печное бытовое топливо вырабатывается из дизельных фракций прямой перегонки и вторичного происхождения – дистиллятов термического, каталитического крекинга и коксования. Характеристика топлива в соответствии с ТУ 38. 101656–87 приведена в табл. 1.48, а основные физико-химические показатели промышленных образцов печного топлива – в табл. 1.49. По фракционному составу печное бытовое топливо может быть несколько тяжелее дизельного топлива по ГОСТ 305–82 (до 360 °C перегоняется до 90 % вместо 96 %, вязкость печного топлива до 8,0 мм²/с при 20 °C против 3,0-6,0 мм²/с дизельного). В нем не нормируются цетановое и йодное числа, температура помутнения. При переработке сернистых нефтей массовая доля серы в топливе – до 1,1 %. В период с 1 апреля по 1 сентября допускается производство топлива с температурой застывания не выше – 5 °C.

В северных районах страны при работе на топливе в зимний период наблюдается потеря текучести на линии подачи топлива в отопительные установки, а также забивка парафинами фильтров грубой очистки. Перед

1.48. Характеристики печного бытового топлива (ТУ 38.101656-87)

Показатели	Значения
Фракционный состав:	
10 % перегоняется при температуре, °С, не ниже	160
90 % перегоняется при температуре, °С, не выше	360
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм²/с, не более	8,0
Температура застывания, °С, не выше	
в период с 1 сентября по 1 апреля	-15
в период с 1 апреля по 1 сентября	-5
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	45
Массовая доля серы, %, не более:	
в малосернистом топливе	0,5
в сернистом топливе	1,1
Испытание на медной пластинке	Выдерживает
Кислотность, мг КОН/100 см³ топлива, не более	5,0
Зольность, %, не более	0,02
Коксуемость 10 %-ного остатка, %. не более	0,35
Содержание воды	Следы
Цвет	От светло-коричневого до черного
Плотность при 20 °С, кг/м³	Не нормируется, определение обязательно

Примечание. Содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей — отсутствие.

форсунками теплогенераторов расположены фильтры с ячейками размером 0,5 мм. При работе бытовых отопительных установок с небольшим расходом топлива (0,5–3 кг/ч) последнее подогревается внутри помещения, и фильтр, устанавливаемый вблизи горелки, не забивается. В этом случае достаточно обеспечить соответствующую текучесть топлива при его транспортировании и перекачке.

При эксплуатации теплогенераторов или котлов средней производительности, например 28–70 кг/ч, используемых на животноводческих фермах, возможна забивка парафинами фильтров, расположенных на линиях под открытым небом. В этом случае необходимо улучшить не только текучесть топлива при низких температурах, но и прокачиваемость его через фильтры.

1.49. Физико-химические свойства образцов печного бытового топлива

Показатели	Номер образца					
	1	2	3	4	5	6
	На основе дистиллятов термического крекинга			С вовлечением газойля каталитического крекинга		
Фракционный состав, °С:						
10 % перегоняется при температуре	205	186	200	200	200	196
90 % перегоняется при температуре	352	318	330	350	360	360
Кинематическая вязкость при 20 °С, м²/с	3,60	3,32	3,80	3,42	3,92	4,52
Температура, °С:						
застывания	-15	-19	-19	-16	-12	-13
вспышки в закрытом тигле	59	56	59	55	62	58
предельной фильтруемости	-6		-7	-9	-7	-10
Массовая доля серы, %	0,83	0,50	0,52	0,50	0,85	0,80
Кислотность, мг КОН/100 см³ топлива	1,4	1,2	0,9	0,9	0,9	1,1
Коксуемость 10 %-ного остатка, %	0,12	0,11	0,12	0,14	0,13	0,15
Плотность при 20 °С, кг/м³	825	822	834	830	882	836

Показатели	Номер образца			
	7	8	9	10
	На основе прямогонных дизельных фракций			
Фракционный состав, °С:				
10 % перегоняется при температуре	187	225	189	212
90 % перегоняется при температуре	300	300	320	360
Кинематическая вязкость при 20 °С, м²/с	2,95	4,12	3,86	3,94
Температура, °С:				
застывания	-22	-16	-18	-6
вспышки в закрытом тигле	52	76	54	79
предельной фильтруемости	-11	-10	-7	-8
Массовая доля серы, %	0,42	0,32	0,40	0,20
Кислотность, мг КОН/100 см³ топлива	0,8	0,7	0,7	0,23
Коксуемость 10 %-ного остатка, %	0,03	0,09	0,09	0,08
Плотность при 20 °С, кг/м³	834	832	830	828

Для улучшения низкотемпературных свойств печного топлива в промышленности применяют депрессорные присадки, синтезированные на основе сополимера этилена с винилацетатом.

2 МОТОРНЫЕ МАСЛА

Масла, применяемые для смазывания поршневых двигателей внутреннего сгорания, называют моторными. *В зависимости от назначения их подразделяют на масла для дизелей, масла для бензиновых двигателей и универсальные моторные масла, которые предназначены для смазывания двигателей обоих типов. Все современные моторные масла состоят из базовых масел и улучшающих их свойства присадок. По температурным пределам работоспособности моторные масла подразделяют на летние, зимние и всесезонные. В качестве базовых масел используют дистиллятные компоненты различной вязкости, остаточные компоненты, смеси остаточного и дистиллятных компонентов, а также синтетические продукты (поли-альфа-олефины, алкилбензолы, эфиры). Большинство всесезонных масел получают путем загущения маловязкой основы макрополимерными присадками. По составу базового масла моторные масла подразделяют на синтетические, минеральные и частично синтетические (смеси минерального и синтетических компонентов).*

Общие требования к моторным маслам

Моторное масло — это важный элемент конструкции двигателя. Оно может длительно и надежно выполнять свои функции, обеспечивая заданный ресурс двигателя, только при точном соответствии его свойств тем термическим, механическим и химическим воздейст-

виям, которым масло подвергается в смазочной системе двигателя и на поверхностях смазываемых и охлаждаемых деталей. Взаимное соответствие конструкции двигателя, условий его эксплуатации и свойств масла — одно из важнейших условий достижения высокой надежности двигателей. Современные моторные масла должны отвечать многим требованиям, главные из которых перечислены ниже:

высокие моющая, диспергирующе-стабилизирующая, пептизирующая и солюбилизирующая способности по отношению к различным нерастворимым загрязнениям, обеспечивающие чистоту деталей двигателя;

высокие термическая и термоокислительная стабильности позволяют использовать масла для охлаждения поршней, повышать предельный нагрев масла в картере, увеличивать срок замены;

достаточные противоизносные свойства, обеспечиваемые прочностью масляной пленки, нужной вязкостью при высокой температуре и высоком градиенте скорости сдвига, способностью химически модифицировать поверхность металла при граничном трении и нейтрализовать кислоты, образующиеся при окислении масла и из продуктов сгорания топлива,

отсутствие коррозионного воздействия на материалы деталей двигателя как в процессе работы, так и при длительных перерывах;

стойкость к старению, способность противостоять внешним воздействиям с минимальным ухудшением свойств;

пологость вязкостно-температурной характеристики, обеспечение холодного пуска, прокачиваемости при холодном пуске и надежного смазывания в экстремальных условиях при высоких нагрузках и температуре окружающей среды;

совместимость с материалами уплотнений, совместимость с катализаторами системы нейтрализации отработавших газов;

высокая стабильность при транспортировании и хранении в регламентированных условиях;

малая вспениваемость при высокой и низкой температурах;

малая летучесть, низкий расход на угар (экологичность).

К некоторым маслам предъявляют особые, дополнительные требования. Так, масла, загущенные макрополимерными присадками, должны обладать требуемой стойкостью к механической

и термической деструкции; для судовых дизельных масел особенно важна влагостойкость присадок и малая эмульгируемость с водой; для энергосберегающих — антифрикционность, благоприятные реологические свойства.

Свойства масел и методы их оценки

Моюще-диспергирующие свойства характеризуют способность масла обеспечивать необходимую чистоту деталей двигателя, поддерживать продукты окисления и загрязнения во взвешенном состоянии. Чем выше моюще-диспергирующие свойства масла, тем больше нерастворимых веществ — продуктов старения может удерживаться в работающем масле без выпадения в осадок, тем меньше лакообразных отложений и нагаров образуется на горячих деталях, тем выше может быть допустимая температура деталей (степень форсирования двигателя). Типичная зависимость массы отложений на поршнях двигателя от концентрации моюще-диспергирующей присадки в масле и содержания серы в применяемом топливе показана на рис. 2.1. Кроме концентрации моюще-диспергирующих присадок на чистоту двигателя существенно влияет эффективность используемых присадок, их правильное сочетание с другими компонентами композиции, а также приемистость базового масла. В композициях моторных масел в качестве моющих присадок используют сульфонаты, алкилфеноляты, алкилсалицилаты и фосфонаты кальция или магния и реже (по экологическим соображениям) бария, а также рациональные сочетания этих зольных

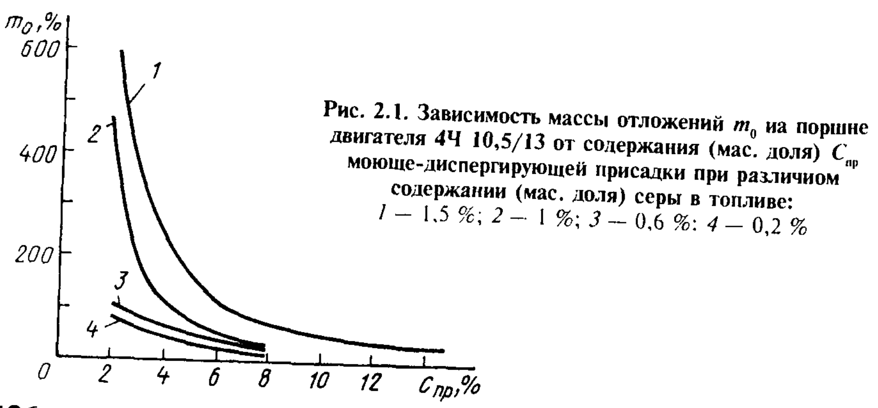


Рис. 2.1. Зависимость массы отложений m_0 на поршне двигателя 4Ч 10,5/13 от содержания (мас. доля) $C_{пр}$ моюще-диспергирующей присадки при различном содержании (мас. доля) серы в топливе:
1 — 1,5 %; *2* — 1 %; *3* — 0,6 %; *4* — 0,2 %

присадок друг с другом и с беззольными дисперсантами-присадками, снижающими, главным образом, склонность масла к образованию низкотемпературных отложений и скорость загрязнения фильтров тонкой очистки масла. Модифицированные термостойкие беззольные дисперсанты способствуют и уменьшению лако- и нагарообразования на поршнях.

Механизм действия моющих присадок объясняют их адсорбцией на поверхности нерастворимых в масле частиц. В результате на каждой частице образуется оболочка из обращенных в объем масла углеводородных радикалов. Она препятствует коагуляции частиц загрязнений, их соприкосновению друг с другом. Полярные молекулы присадок образуют двойной электрический слой, придающий одноименные заряды частицам, на которых они адсорбировались. Благодаря этому частицы отталкиваются и вероятность их объединения в крупные агрегаты уменьшается.

При работе двигателей на топливах с повышенным содержанием серы моющие присадки, придающие маслу щелочность, препятствуют образованию отложений на деталях двигателей также и путем нейтрализации кислот, образующихся из продуктов сгорания топлива.

Металлсодержащие моющие присадки повышают зольность масла, что может привести к образованию зольных отложений в камере сгорания, замыканию электродов свечей зажигания, преждевременному воспламенению рабочей смеси, прогару выпускных клапанов, снижению детонационной стойкости топлива, абразивному изнашиванию. Поэтому сульфатную зольность моторных масел ограничивают верхним пределом. Ее допустимое значение зависит от типа и конструкции двигателя, расхода масла на угар, условий эксплуатации, в частности, от вида применяемого топлива. Наименее зольные масла необходимы для смазывания двухтактных бензиновых двигателей и двигателей, работающих на газе. Наибольшую зольность имеют высокощелочные цилиндровые масла.

Моющие свойства моторных масел в лабораторных условиях определяют на модельной установке ПЗВ, представляющей собой малоразмерный одноцилиндровый двигатель с электроприводом и электронагревателями. Стендовые моторные испытания для оценки моющих свойств проводят либо в полноразмерных двигателях, либо в одноцилиндровых моторных установках по стандартным методикам.

Критериями оценки моющих свойств служит чистота поршня, масляных фильтров, роторов центрифуг, подвижность поршневых колец.

Антиокислительные свойства в значительной степени определяют стойкость масла к старению. Условия работы моторных масел в двигателях настолько жестки, что предотвратить их окисление полностью не представляется возможным. Соответствующей очисткой базовых масел от нежелательных соединений, присутствующих в сырье, использованием синтетических базовых компонентов, а также введением эффективных антиокислительных присадок можно значительно затормозить процессы окисления масла, которые приводят к росту его вязкости и коррозионности, склонности к образованию отложений, загрязнению масляных фильтров и другим неблагоприятным последствиям (затруднение холодного пуска, ухудшение прокачиваемости масла).

Окисление масла в двигателе наиболее интенсивно происходит в тонких пленках масла на поверхностях деталей, нагревающихся до высокой температуры и соприкасающихся с горячими газами (поршень, цилиндр, поршневые кольца, направляющие и стебли клапанов). В объеме масло окисляется менее интенсивно, так как в поддоне картера, радиаторе, маслопроводах температура ниже и поверхность контакта масла с окисляющей газовой средой меньше. Во внутренних полостях двигателя, заполненных масляным туманом, окисление более интенсивно.

На скорость и глубину окислительных процессов значительно влияют попадающие в масло продукты неполного сгорания топлива. Они проникают в масло вместе с газами, прорывающимися из надпоршневого пространства в картер. Ускоряют окисление масла частицы металлов и загрязнений неорганического происхождения, которые накапливаются в масле в результате изнашивания деталей двигателя, недостаточной очистки всасываемого воздуха, нейтрализации присадками неорганических кислот, а также металлорганические соединения меди, железа и других металлов, образующиеся в результате коррозии деталей двигателя или взаимодействия частиц изношенного металла с органическими кислотами. Все эти вещества — катализаторы окисления.

Стойкость моторных масел к окислению повышают введением в их состав антиокислительных присадок. Наилучший антиокислительный эффект достигается при введении в масло присадок, обладающих различным механизмом действия. В качестве антиокислительных присадок к моторным маслам применяют диалкил- и диарилдитиофосфаты цинка, которые улучшают также антикоррозионные и противоизносные свойства. Их часто комбинируют друг с другом и с беззольными антиокислителями. К числу последних относят пространственно затрудненные фенолы, ароматические амины, беззольные дитиофосфаты и др. Довольно энергичными антиокислителями являются некоторые моюще-диспергирующие присадки, в частности алкилсалицилатные и алкилфенольные.

При длительной работе масла в двигателе интенсивный рост вязкости, обусловленный окислением, начинается после практически полного истощения антиокислительных присадок. В стандартах и технических условиях на моторные масла их стойкость к окислению косвенно характеризуется индукционным периодом осадкообразования (окисление по методу ГОСТ 11063—77 при 200 °С). При моторных испытаниях антиокислительные свойства масел оценивают по увеличению их вязкости за время работы в двигателе установки ИКМ (ГОСТ 20457—75) или Petter W-1.

Противоизносные свойства моторного масла зависят от химического состава и полярности базового масла, состава композиции присадок и вязкостно-температурной характеристики масла с присадками, которая в основном предопределяет температурные пределы его применимости (защита деталей от износа при пуске двигателя, при максимальных нагрузках и температурах окружающей среды). Особенно важны эффективная вязкость масла при температуре 130—180 °С и градиенте скорости сдвига 10^5—10^7 $с^{-1}$, зависимость вязкости от давления, свойства граничных слоев и способность химически модифицировать поверхностные слои сопряженных трущихся деталей.

При работе на топливах с повышенным или высоким содержанием серы, а также в условиях, способствующих образованию азотной кислоты из продуктов сгорания (газовые двигатели, дизели с высоким наддувом), *важнейшей характеристикой способности масла предотвращать коррозионный износ поршневых колец и цилиндров является его нейтрализующая способность, показателем которой в нормативной документации служит щелочное число.* Соответствующие графики (рис. 2.2) дают представление о зависимости износа первых

9 — 1890

компрессионных колец двигателя от щелочного числа масла при различном содержании серы в дизельном топливе.

Различные узлы и детали двигателей (за исключением крейцкопфных дизелей, имеющих две автономные смазочные системы) смазываются обычно одним маслом, а условия трения, изнашивания и режим смазки существенно различны. Подшипники коленчатого вала, поршневые кольца в сопряжении с цилиндром работают преимущественно в условиях гидродинамической смазки. Зубчатые колеса привода агрегатов, масляных насосов и детали механизма привода клапанов работают в условиях эластогидродинамической смазки. Вблизи мертвых точек жидкостное трение поршневых колец по стенке цилиндра переходит в граничное.

Множественность факторов, влияющих на износ деталей двигателей, принципиальные различия режимов трения и изнашивания узлов затрудняют оптимизацию противоизносных свойств моторных масел. Придание маслу достаточной нейтрализующей способности и введение в его состав дитиофосфатов цинка часто оказывается достаточным для предотвращения коррозионно-механического изнашивания и модифицирования поверхностей деталей тяжело нагруженных сопряжений во избежание задиров или усталостного выкрашивания. Однако тенденция к применению маловязких масел

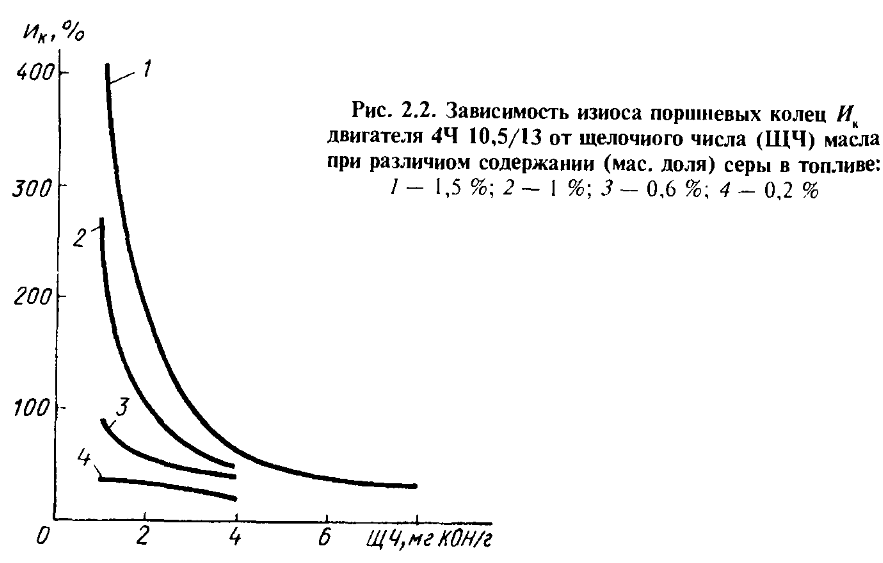


Рис. 2.2. Зависимость износа поршневых колец $И_к$ двигателя 4Ч 10,5/13 от щелочного числа (ЩЧ) масла при различном содержании (мас. доля) серы в топливе: *1* — 1,5 %; *2* — 1 %; *3* — 0,6 %; *4* — 0,2 %

для достижения экономии топлива и ограничение поступления масла к верхней части цилиндра для уменьшения расхода на угар требуют улучшения противоизносных свойств масел при граничной смазке. Это достигается введением специальных противоизносных присадок, содержащих серу, фосфор, галогены, бор, а также введением беззольных дисперсантов, содержащих противоизносные фрагменты.

Большое влияние на износ оказывает наличие в масле абразивных загрязнений. Их наличие в свежем масле не допускается, а масло, работающее в двигателе, должно подвергаться очистке в фильтрах, центрифугах, сепараторах. Уменьшению вредного действия абразивных частиц способствуют высокие диспергирующие свойства масла.

Трибологические характеристики, определяемые на четырехшариковой машине трения (ЧШМ) по ГОСТ 9490−75, нормированы стандартами и техническими условиями на многие моторные масла для контроля процесса производства. Однако непосредственную связь между оценкой противоизносных и противозадирных свойств на машине трения и фактическими противоизносными свойствами моторных масел в реальных условиях применения установить не всегда возможно. При моторных испытаниях противоизносные свойства масел оценивают по потере массы поршневых колец, задиру или питтингу кулачков и толкателей, линейному износу этих деталей и цилиндров, состоянию поверхностей трения.

Антикоррозионные свойства моторных масел зависят от состава базовых компонентов, концентрации и эффективности антикоррозионных, антиокислительных присадок и деактиваторов металлов. В процессе старения коррозионность моторных масел возрастает. Более склонны к увеличению коррозионности масла из малосернистых нефтей с высоким содержанием парафиновых углеводородов, образующих в процессах окисления агрессивные органические кислоты, которые взаимодействуют с цветными металлами и их сплавами.

Антикоррозионные присадки защищают антифрикционные материалы (свинцовистую бронзу), образуя на их поверхности прочную защитную пленку. Антиокислители препятствуют образованию агрессивных кислот. Иногда необходимо вводить в моторные масла присадки-деактиваторы, образующие хелатные соединения с медью, предохраняющие поверхность от коррозионного разрушения.

Антикоррозионные присадки типа дитиофосфатов цинка, применяемые в большинстве моторных масел, не защищают от коррозии сплавы на основе серебра и фосфористые бронзы, а при высокой температуре активно способствуют их коррозии. В двигателях, в которых используют такие антифрикционные материалы, необходимо использовать специальные масла, не содержащие дитиофосфатов цинка.

В лабораторных условиях антикоррозионные свойства моторных масел оценивают по методу ГОСТ 20502—75 по потере массы свинцовых пластин за 10 или 25 ч испытания при температуре 140 °С. При моторных испытаниях антикоррозионные свойства масел оценивают по потере массы вкладышей шатунных подшипников полноразмерных двигателей или одноцилиндровых установок ИКМ или Petter W-1, а также по состоянию их поверхностей трения (цвет, натиры, следы коррозии).

Вязкостно-температурные свойства — одна из важнейших характеристик моторного масла. От этих свойств зависит диапазон температуры окружающей среды, в котором данное масло обеспечивает пуск двигателя без предварительного подогрева, беспрепятственное прокачивание масла насосом по смазочной системе, надежное смазывание и охлаждение деталей двигателя при наибольших допустимых нагрузках и температуре окружающей среды. Даже в умеренных климатических условиях диапазон изменения температуры масла от холодного пуска зимой до максимального прогрева в подшипниках коленчатого вала или в зоне поршневых колец составляет до 180—190 °С. Вязкость минеральных масел в интервале температур от -30 до +150 °С изменяется в тысячи раз. Летние масла, имеющие достаточную вязкость при высокой температуре, обеспечивают пуск двигателя при температуре окружающей среды около 0 °С. Зимние масла, обеспечивающие холодный пуск при отрицательных температурах, имеют недостаточную вязкость при высокой температуре. Таким образом, сезонные масла независимо от их наработки (пробега автомобиля) необходимо менять дважды в год. Это усложняет и удорожает эксплуатацию двигателей. Проблема решена созданием всесезонных масел, загущенных полимерными присадками (полиметакрилаты, сополимеры олефинов, полиизобутилены, гидрированные сополимеры стирола с диенами и др.).

Вязкостно-температурные свойства загущенных масел таковы, что при отрицательных температурах они подобны зимним, а в области высоких температур — летним (рис. 2.3). Вязкостные присадки относительно мало повышают вязкость базового масла при низкой температуре, но значительно увеличивают ее при высокой температуре, что обусловлено увеличением объема макрополимерных молекул с повышением температуры и рядом иных эффектов.

В отличие от сезонных, загущенные всесезонные масла изменяют вязкость под влиянием не только температуры, но и скорости сдвига, причем это изменение временное. С уменьшением скорости относительного перемещения смазываемых деталей вязкость возрастает, а с увеличением — снижается. Этот эффект больше проявляется при низкой температуре, но сохраняется и при высокой, что имеет два позитивных последствия: снижение вязкости в начале проворачивания холодного двигателя стартером облегчает пуск, а небольшое снижение вязкости масла в зазорах между поверхностями трения деталей прогретого двигателя уменьшает потери энергии на трение и дает экономию топлива.

Характеристиками вязкостно-температурных свойств служат *кинематическая вязкость,* определяемая в капиллярных вискозиметрах, и динамическая вязкость, измеряемая при различных градиентах скорости сдвига в ротационных вискозиметрах, а также *индекс вязкости* — безразмерный показатель пологости вязкостно-температурной зависимости (см. рис. 2.3), рассчитываемый по

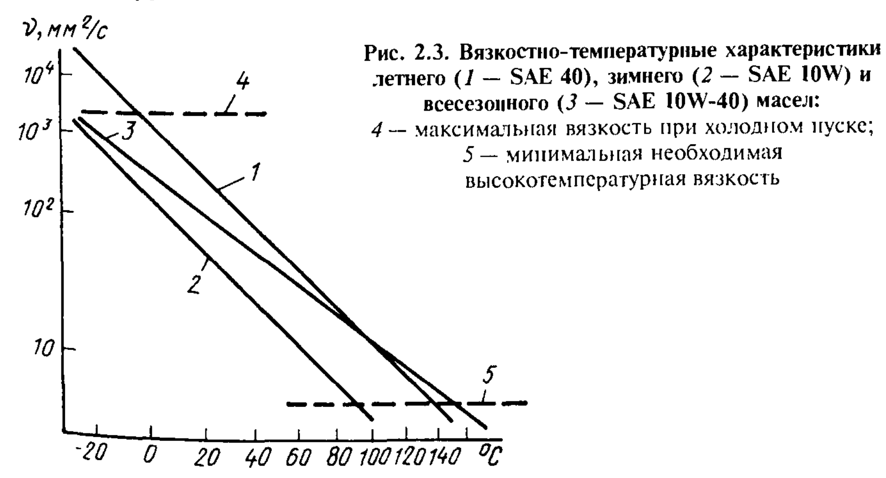


Рис. 2.3. Вязкостно-температурные характеристики летнего (*1* — SAE 40), зимнего (*2* — SAE 10W) и всесезонного (*3* — SAE 10W-40) масел:
4 — максимальная вязкость при холодном пуске;
5 — минимальная необходимая высокотемпературная вязкость

значениям кинематической вязкости масла, измеренной при 40 и 100 °С (ГОСТ 25371–82). В нормативной документации на зимние масла иногда нормируют кинематическую вязкость при низких температурах. Индекс вязкости минеральных масел без вязкостных присадок составляет 85–100. Он зависит от углеводородного состава и глубины очистки масляных фракций. Углубление очистки повышает индекс вязкости, но снижает выход рафината.

Синтетические базовые компоненты имеют индекс вязкости 120–150, что дает возможность получать на их основе всесезонные масла с очень широким температурным диапазоном работоспособности.

К низкотемпературным характеристикам масел относят *температуру застывания,* при которой масло не течет под действием силы тяжести, т.е. теряет текучесть. Она должна быть на 5–7 °С ниже той температуры, при которой масло должно обеспечивать прокачиваемость. В большинстве случаев застывание моторных масел обусловлено образованием в объеме охлаждаемого масла кристаллов парафинов. Требуемая нормативной документацией температура застывания достигается депарафинизацией базовых компонентов и/или введением в состав моторного масла депрессорных присадок (полиметакрилаты, алкилнафталины и др.).

Классификация моторных масел

Классификация моторных масел согласно ГОСТ 17479.1–85 подразделяет их на классы по вязкости и группы по назначению и уровням эксплуатационных свойств. Ниже приведено описание отечественной классификации моторных масел с учетом Изменения №3 к ГОСТ 17479.1–85, которым увеличено число классов вязкости и изменены их границы, введены новые группы по назначению и уровням эксплуатационных свойств, а также некоторые наименования. Например, по всему тексту стандарта масла для **карбюраторных** двигателей называются более точным термином — маслами для **бензиновых** двигателей.

ГОСТ 17479.1–85 предусмотрено обозначение моторных масел, сообщающее потребителю основную информацию об их свойствах и области применения. Стандартная марка включает следующие знаки: букву М (моторное), цифру или дробь, указывающую класс или классы вязкости (последнее для всесезонных масел), одну или

две из первых шести букв алфавита, обозначающих уровень эксплуатационных свойств и область применения данного масла. Универсальные масла обозначают буквой без индекса или двумя разными буквами с разными индексами. Индекс 1 присваивают маслам для бензиновых двигателей, индекс 2 — дизельным маслам.

Классы вязкости моторных масел, установленные ГОСТ 17479.1–85, представлены в табл. 2.1, а группы по назначению и эксплуатационным свойствам — в табл. 2.2. *Примеры маркировки* с пояснением значения ее составных частей облегчат пользование данными табл. 2.1 и 2.2. Так, марка М-$6_з$/10В указывает, что это моторное масло всесезонное, универсальное для среднефорсированных дизелей и бензиновых двигателей (группа В); М-$4_з$/8-$В_2Г_1$ — моторное масло всесезонное, универсальное для среднефорсированных дизелей (группа $В_2$) и высокофорсированных бензиновых двигателей (группа $Г_1$); М-14$Г_2$(цс) — моторное масло класса вязкости 14, предназначенное для

2.1. Классы вязкости моторных масел (ГОСТ 17479.1-85)

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре	
	100°С	-18°С, не более
$3_з$	≥ 3,8	1250
$4_з$	≥4,1	2600
$5_з$	≥5,6	600
$6_з$	≥5,6	10400
6	Св. 5,6 до 7,0 включ.	-
8	« 7,0 до 9,3 «	-
10	« 9,3 до 11,5 «	-
12	« 11,5 до 12,5 «	-
14	« 12,5 до 14,5 «	-
16	« 14,5 до 16,3 «	-
20	« 16,3 до 21,9 «	-
24	« 21,9 до 26,1 «	-
$3_з$/8	« 7,0 до 9,3 «	1250
$4_з$/6	« 5,6 до 7,0 «	2600
$4_з$/8	« 7,0 до 9,3 «	2600
$4_з$/10	« 9,3 до 11,5 «	2600
$5_з$/10	« 9,3 до 11,5 «	6000
$5_з$/12	« 11,5 до 12,5 «	6000
$5_з$/14	« 12,5 до 14,5 «	6000
$6_з$/10	« 9,3 до 11,5 «	10400
$6_з$/14	« 12,5 до 14,5 «	10400
$6_з$/16	« 14,5 до 16,3 «	10400

2.2. Группы моторных масел по назначению и эксплуатационным свойстаам (ГОСТ 17479.1-85)

Группа масла по эксплуатационным свойствам		Рекомендуемая область примеиения
А		Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели
Б	Б$_1$	Малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
	Б$_2$	Малофорсированные дизели
В	В$_1$	Среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют окислению масла и образованию отложений всех видов
	В$_2$	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и способности предотвращать образование высокотемпературных отложений
Г	Г$_1$	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию отложений всех видов и коррозии
	Г$_2$	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений
Д	Д$_1$	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых, чем для масел группы Г.
	Д$_2$	Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию всех видов отложений
Е	Е$_1$	Высокофорсированные бензиновые двигатели и дизели, работающие в эксплуатационных условиях более тяжелых, чем для масел групп Д$_1$ и Д$_2$.
	Е$_2$	Отличаются повышенной диспергирующей способностью, лучшими противоизносными свойствами

высокофорсированных дизелей без наддува или с умеренным наддувом. В данном случае после основного обозначения в скобках указана дополнительная характеристика области применения («цс» означает циркуляционное судовое); аналогично М-14Д (цл20) — моторное масло для высокофорсированных дизелей с наддувом, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях, (цл20) — применимое в циркуляционных и лубрикаторных смазочных системах и имеющее щелочное число 20 мг КОН/г.

В прежней нормативной документации дополнительные характеристики условий применения и особенностей свойств масел вводились в стандартные обозначения без скобок (М-8Г$_2$к, М-10ДМ, М-16ДР и т.п.), иное назначение масла обозначала группа Е (раньше так обозначали цилиндровые масла для лубрикаторных смазочных систем крейцкопфных дизелей), употреблялись и нестандартные марки (МТ-16п, М-16ИХП-3). Поскольку старые марки содержатся в многочисленных инструкциях по эксплуатации техники, нормативной документации на масла, картах смазки и другой документации, не представляется возможным единовременно исключить все ранее принятые обозначения. В табл.2.3 приведены данные о соответствии обозначений марок моторных масел по ГОСТ 17479.1—85 и принятых ранее в нормативных документах.

Нередко возникает необходимость решения вопросов взаимозаменяемости отечественных и зарубежных моторных масел, например, когда необходимо выбрать отечественное масло для импортной техники или зарубежное масло для экспортируемой отечественной техники. Общепринятой в международном масштабе стала классифи-

2.3. Соответствие обозначений марок моторных масел

Обозначение по ГОСТ 17479.1-85 с изм. № 3	Ранее принятое обозначение	Обозначение по ГОСТ 17479.1-85 с изм. № 3	Ранее принятое обозначение
М-8-В	М-8В	М-8-Г$_2$	М-8Г$_2$
М-4$_3$/6-В$_1$	М-4$_3$/6В (АСЗп-6)	М-10-Г$_2$	М-10Г$_2$
М-6$_3$/10-В	М-з/10В (ДВ-АСЗп-10В)	М-8-Г$_2$(к)	М-8Г$_2$к
М-16-А(т)	М-16ПЦ	М-10-Г$_2$(к)	М-10Г$_2$к
М-20-А	МС-20П	М-8-Г$_2$(у)	М-8Г$_2$у
М-8-Б	Мт-8П	М-10-Г$_2$(у)	М-10Г$_2$у
М-6$_3$/10Б$_2$	МТЗ-10П	М-14-Г$_2$(цс)	М-14Г$_2$ЦС
М-12-Б$_2$	М-12Б	М-14-Г$_2$(к)	М-14Г$_2$к
М-14-Б$_2$	М-14Б	М-14-Г$_2$	М-14Г$_2$
М-16-Б$_2$(т)	МТ-16П	М-16-Г$_2$(цс)	М-16Г$_2$ЦС
М-8-В$_2$	М-8В$_2$	М-20-Г$_2$	М-20Г$_2$
М-10-В$_2$	М-10В$_2$	М-10-Д$_2$	М-10Д
М-10-В$_2$(с)	М-10В$_2$С	М-16-Д$_2$	М-16Д
М-14-В$_2$	М-14В$_2$	М-10-Д$_2$(м)	М-10ДМ
М-14-В$_2$(з)	М-14В$_2$З	М-8-Д$_2$(м)	М-8ДМ
М-16-В$_2$	М-16ИХП-3 (**М16В$_2$**)	М-10-Д$_2$(цл20)	М-10ДЦЛ20
М-20-В$_2$	М-20В$_2$	М-6$_3$/14-Д$_2$(м)	М6з/14ДМ
М-20-В$_2$(ф)	М-20В$_2$Ф	М-14-Д$_2$(м)	М-14ДМ
М-10-Г$_2$(цс)	М-10Г$_2$ЦС	М-14-Д$_2$(цл20)	М-14ДЦЛ20
		М-14-Д$_2$(цл30)	М-14ДЦЛ30

кация моторных масел по вязкости Американского общества автомобильных инженеров — SAE J300. Уровень эксплуатационных свойств и область применения зарубежные производители моторных масел в большинстве случаев указывают по классификации API (Американский институт нефти). ГОСТ 17479.1–85 в справочных приложениях дает примерное соответствие классов вязкости и групп по назначению и эксплуатационным свойствам, изложенным в ГОСТе, классам вязкости по SAE и классам API по условиям и областям применения моторных масел. Следует подчеркнуть, что речь идет не об идентичности, а только об ориентировочном соответствии. Данные табл. 2.4 дают возможность, зная стандартную марку отечественного масла, выбрать его зарубежный аналог или, зная характеристики

2.4. Соответствие классов вязкости и групп моторных масел по ГОСТ 17479.1-85 и классификациям SAE и API

Класс аязкости		Класс вязкости	
по ГОСТ 17479.1-85	по SAE	по ГОСТ 17479.1-85	по SAE
$3_з$	5W	24	60
$4_з$	10W	$3_з/8$	5W-20
$5_з$	15W	$4_з/6$	10W-20
$6_з$	20W	$4_з/8$	10W-20
6	20	$4_з/10$	10W-30
8	20	$5_з/10$	15W-30
10	30	$5_з/12$	15W-30
12	30	$6_з/10$	20W-30
14	40	$6_з/14$	20W-40
16	40	$6_з/16$	20W-40
20	50		

Группа масла		Группа масла	
по ГОСТ 17479.1-85	по API	по ГОСТ 17479.1-85	по API
А	SB	$Г_2$	CC
Б	SC/CA	$Д_1$	SF
Б.	SC	$Д_2$	CD
$Б_2$	CA	$Е_1$	SG
В	SD/CB	$Е_2$	CF-4
$В_1$	SD		SH*
$В_2$	CB		SJ*
Г	SE/CC		CG-4*
$Г_1$	SE		

* Эти классы API не имеют аналогов в отечественной классификации

импортного масла по классификациям SAE J300 и API, найти его ближайший отечественный аналог. Классы вязкости SAE в большинстве случаев имеют более широкие диапазоны кинематической вязкости при 100 °С, чем классы вязкости по ГОСТ 17479.1–85. По этой причине одному классу SAE могут соответствовать два смежных класса по ГОСТ 17479.1–85. В таком случае предпочтительно указать аналог, имеющий самое близкое фактическое значение вязкости по проспектным данным или нормативной документации на данный продукт.

Классификация API подразделяет моторные масла на две категории: «S» (Service) — масла для бензиновых двигателей и «С» (Commercial) — масла для дизелей. Универсальные масла обозначают классами обеих категорий. Классы в категориях указывают буквы латинского алфавита, стоящие после буквы, обозначающей категорию, например, SF, SH, CC, CD или SF/CC, CG/CD, CF-4/SH для универсальных масел.

Моторные масла, относящиеся к одному и тому же классу API, но производимые разными фирмами, могут существенно отличаться по составу базовых масел, типам используемых присадок и, следовательно, иметь специфические свойства, удовлетворять предъявляемые требования близко к предельным значениям или иметь запас качества. При выборе аналога по области применения и уровню эксплуатационных свойств обязательно должны быть приняты во внимание все специальные требования к моторному маслу со стороны изготовителя техники (например, ограничения по сульфатной зольности, отсутствие или, напротив, наличие определенного количества цинка, отсутствие в составе масла растворимых модификаторов трения, содержащих молибден и т.п.).

Согласно классификациям ГОСТ 17479.1–85 и API группу (класс) по уровню эксплуатационных свойств устанавливают только по результатам моторных испытаний масел в специальных одноцилиндровых установках и полноразмерных двигателях. Испытания проводят в стендовых условиях по стандартным методам. Чем выше присваиваемый маслу уровень эксплуатационных свойств, тем «строже» проходные оценки результатов испытаний или жестче условия их проведения. Для контроля стабильности качества серийно выпускаемых моторных масел их классификационные испытания проводят согласно требованиям ГОСТ 17479.1–85 не реже одного раза в два года. При этом определяют моющие, диспергирующие,

противоизносные, антикоррозионные, антиокислительные свойства масел и их соответствие указанным в марках классам вязкости.

В случаях непринципиальных изменений технологий производства моторных масел обязательно проводят сравнительные квалификационные испытания товарного масла-прототипа и опытного образца, выработанного по измененной технологии.

Масла для бензиновых двигателей

Четырехтактные бензиновые двигатели — преобладающий тип двигателей легковых автомобилей, микроавтобусов, легких и среднетоннажных грузовиков. Условия работы моторных масел в этих транспортных средствах характеризуются очень высокими термическими нагрузками при езде вне городов и резко переменными режимами работы при езде в городах, где часты остановки, поездки на короткие расстояния, при которых двигатель не прогревается до оптимальной температуры масла и охлаждающей жидкости. Этим обусловлены специфические требования к маслам для четырехтактных бензиновых двигателей: с одной стороны, способность предотвращать образование высокотемпературных отложений (нагары, лак на деталях цилиндро-поршневой группы), особо высокая стойкость к окислению; с другой стороны, способность предотвращать образование низкотемпературных отложений (осадки, шламы в картере, на сетке маслоприемника и других деталях) и защищать детали двигателя от ржавления под действием конденсирующихся в непрогретом или остывающем двигателе продуктов сгорания топлива.

Двухтактные бензиновые двигатели, устанавливаемые на мопедах, мотороллерах, мотоциклах, снегоходах, моторных лодках, а также бензопилах, газонокосилках, часто смазывают маслами, которые предварительно растворяют в топливе и которые сгорают вместе с ним. Специфические требования к маслам для двухтактных бензиновых двигателей — смешиваемость с бензинами, полная растворимость в них, способность предотвращать закоксовывание поршневых колец, образование отложений на поршне, в выпускных окнах и глушителе, повреждение поверхностей трения поршня и цилиндра (задиры, риски), защита деталей двигателя от ржавления, малая зольность для обеспечения работы свечей зажигания и

предотвращения преждевременного воспламенения рабочей смеси от зольных отложений в камере сгорания, малое влияние на токсичность отработавших газов (дымность). Масла для четырехтактных бензиновых двигателей этими свойствами не обладают.

При выборе масел для конкретных объектов техники следует руководствоваться инструкциями по эксплуатации, где указаны сроки смены масел и масляных фильтров и другие операции по техническому обслуживанию смазочной системы двигателя, а для двухтактных двигателей — рекомендуемое соотношение масло: топливо.

Масло М-12-ТП (ТУ 38.401-58-28−91) получают компаундированием дистиллятного и остаточного компонентов с добавлением композиции присадок. Используют в составе топливно-масляной смеси в двухтактных бензиновых двигателях воздушного и водяного охлаждения, установленных на транспортных средствах и механизированных инструментах.

Основные характеристики масла М-12-ТП

Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	11-12
Сульфатная зольность, %	≤0,3
Щелочное число, мг КОН/г	≥2,3
Массовая доля, %:	
механических примесей	≤0,015
воды	Следы
Температура застывания, °С	≤-15
Плотность при 20 °С, кг/м³	≤900

Масла групп $Г_1$, В и $В_1$ (табл. 2.5)

Масла группы $Г_1$ предназначены для использования в форсированных двигателях легковых автомобилей, которые работают на бензинах с октановым числом по исследовательскому методу выше 90. Эти масла содержат высокоэффективные композиции отечественных присадок или пакеты импортных присадок. Их готовят на основе дистиллятных компонентов, загущенных макрополимерными присадками.

Масла групп В и $В_1$ предназначены для двигателей легковых и грузовых автомобилей, работающих на бензине с октановым числом до 80. Их применяют всесезонно. Они содержат композиции отечественных присадок или пакеты импортных присадок, добавляемых к дистиллятным или компаундированным базовым маслам.

2.5. Характеристики масел групп Г$_1$, В и В$_1$

Показатели	М-6$_з$/12Г$_1$	М-5$_з$/10Г$_1$	М-4$_з$/6В$_1$	М-8В	М-6$_з$/10В
Вязкость кинематическая, мм²/с при температуре:					
100 °С	≥12	10-11	5,5-6,5	7,5-8,5	9,5-10,5
0 °С	-	-	-	≤1200	-
-18 °С	≤10400	Не нормируется	1100-2600	Не нормируется	≤9000
-30 °С	-	-	≤11000	-	-
Индекс вязкости, не менее	115	120	125	93	120
Массовая доля, %, не более:					
механических примесей	0,015	0,015	0,02	0,015	0,02
воды			Следы		
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не ниже	210	200	165	207	190
застывания, не выше	-30	-38	-42	-25	-30
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м², не более	Отсутствие	Не нормируется	5,0	10,0	4,0
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	0,5	-	1,0	-	0,5
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	7,5	5,0	5,5	4,2	5,5
Зольность сульфатная, %, не более	1,3	0,9	1,3	0,95	1,3
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч:					
15	-	-	Выдерживает	-	-
20	-	Не нормируется	-	-	-
30	Выдерживает	-	-	Выдерживает	
Цвет, ед. ЦНТ, не более:					
без разбавления	7,5	5,0	-	-	-
с разбавлением 15:85	-	-	3.0	3,5	3,0
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	900	900	880	905	890
Массовая доля активных элементов, %, не менее:					
кальция	0,23	0,20	-	0,16	-
цинка	0,10	0,12	-	0,09	-
фосфора	-	-	-	0,09	-
Вязкость динамическая, мПа·с, не более, при температуре:					
-18 °С	-	2300	-	-	-
-15 °С	4500	-	Не нормируется	-	-

Масло М-5$_з$/10Г$_1$ (ГОСТ 10541–78) готовят на базовом масле И-20А. Используют в регионах с низкими температурами зимних месяцев как всесезонное.

Масло М-6$_з$/12Г$_1$ (ГОСТ 10541–78) готовят на основе смеси дистиллятных компонентов различной вязкости с добавлением присадок, обеспечивающих высокие противоизносные свойства. Применяют всесезонно в регионах с умеренными климатическими условиями при температуре воздуха от -20 до +45 °С.

Масло М-4$_з$/6В$_1$ (ГОСТ 10541–78) получают загущением базового масла (веретенное АУ) полиметакрилатной присадкой и добавлением композиции моющих, антиокислительной и противопенной присадок. Применяют всесезонно в северной климатической зоне и в районах с умеренными климатическими условиями только как зимнее масло. Обеспечивает холодный пуск двигателя при -30 °С.

Масло М-6$_з$/10В (ГОСТ 10541–78) получают на основе высококачественного компаундированного базового масла и эффективной композиции присадок. Применяют всесезонно в среднефорсированных бензиновых двигателях и безнаддувных дизелях. Это универсальное масло отличается повышенной работоспособностью. В бензиновых двигателях грузовых автомобилей пробег до замены масла составляет 18 тыс. км, а в дизелях — до 500 моточасов.

Масло М-8В (ГОСТ 10541–78) готовят из смеси дистиллятного и остаточного компонентов или дистиллятного компонента узкого фракционного состава с эффективной композицией присадок. Используют всесезонно в среднефорсированных бензиновых двигателях легковых и грузовых автомобилей с периодичностью замены до 18 тыс. км пробега, а также как зимнее масло для среднефорсированных автотракторных дизелей.

Масла для дизелей

Дизели отличаются от других двигателей внутреннего сгорания большим разнообразием конструкций, способов смесеобразования, назначений, условий эксплуатации и чрезвычайно широким диапазоном агрегатных мощностей (от нескольких киловатт до десятков тысяч). Поэтому ассортимент дизельных масел значительно различается по предъявляемым к ним требованиям и эксплуатационным

свойствам. Важнейшие критерии, определяющие выбор смазочного масла, — тип и назначение дизеля, уровень его форсирования, степень жесткости условий эксплуатации, вид и качество применяемого топлива. Инструкции по эксплуатации техники содержат информацию о допущенных к применению марках масел, регламентах обслуживания смазочных систем дизелей, включая сроки замены или показатели предельного состояния масел.

Все дизельные масла содержат присадки, вводимые в дистиллятные, компаундированные или остаточные базовые масла селективной очистки, выработанные из малосернистых или сернистых нефтей. Диапазон уровней эксплуатационных свойств дизельных масел охватывает все группы классификации ГОСТ 17479.1–85.

Масла групп А и Б$_2$ (табл. 2.6)

Масла групп А и Б$_2$ предназначены для дизелей старых моделей, работающих на топливах с небольшим содержанием серы. Спрос на масла этих групп сохраняется в большинстве случаев в силу традиции и невысокой цены. За редкими исключениями масла групп А и Б$_2$ могут быть заменены более эффективными маслами группы В$_2$ того же класса вязкости.

Масло МС-20П (ТУ 38.101265–88) получают добавлением многофункциональной присадки к маслу МС-20. Применяют для смазывания судовых, тепловозных и стационарных дизелей типа 12ЧН 18/20, эксплуатируемых на малосернистом топливе.

Масло М-16ПЦ (ГОСТ 6360–83) вырабатывают из сернистых нефтей. Содержит многофункциональную и депрессорную присадки. Применяют для смазывания двигателей типов В-2, Д-6 при работе на малосернистом топливе.

Масло М-14Б (ТУ 38.101264–72) вырабатывают из малосернистых и сернистых нефтей компаундированием дистиллятного и остаточного компонентов с многофункциональной присадкой ВНИИНП-360 и противопенной присадкой ПМС-200А. Применяют в двух- и четырехтактных тепловозных дизелях типов 2Д100, Д-50 и аналогичных им по уровню форсирования маневровых и промышленных тепловозах.

Масло МТЗ-10П (ГОСТ 25770–83) готовят на основе маловязкого дистиллятного компонента с нормированным фракционным составом путем загущения полимерной вязкостной

2.6. Характеристики масел групп А и Б$_2$

Показатели	МС-20П	М-14Б	МТЗ-10П	М-16ПЦ	МТ-16П
Вязкость кинематическая, мм²/с, при температуре:					
100 °С	20	14±0,5	9,5-10,5	15,5-16,5	15,5-16,5
40 °С	-	-	50	-	-
-30 °С	-	-	15000	-	-
Индекс вязкости, не менее	80	85	125	85	85
Коксуемость масла без присадки, %, не более	0,3	0,4	-	-	-
Кислотное число масла без присадки, мг КОН/г, не более	0,05	0,05	-	-	-
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	0,9	-	3,5	0,9	4,0
Зольность масла, % (мас. доля):					
без присадки, не более	0,008	0,005	-	-	-
с присадкой	0,24	1,0	≤1,15*	0,25-0,55	0,6-1,0
Массовая доля механических примесей, %, не более:					
без присадки	Отсутствие		-	-	-
с присадкой	0,01	0,015	0,025	0,015	0,015
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не ниже	225 (закрытый тигель)	200	165	230	210
застывания, не выше	-18	-15	-43	-25	-25
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м², не более	10,0	8,0	5,0	6,0	5.0**
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	900	910	900	905	905
Цвет с разбавлением 15:85, ед. ЦНТ, не более	-	7,0	4,0	7,0	7,0
Массовая доля активных элементов, %, не менее:					
кальция	0,08***	-	0,2	-	-
бария	0,14	-	-	-	-
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	-	-	-	1,0	1,0
Степень чистоты, мг/100 г масла, не более	-	-	-	400	600
Трибологические характеристики при температуре (20±5) °С:					

10 - 1890

2.6. Характеристики масел групп А и $Б_2$ (продолжение)

Показатели	МС-20П	М-14Б	МТЗ-10П	М-16ПЦ	МТ-16п
показатель износа при постоянной нагрузке 196 Н, мм, не более	-	-	-	0,45	0,45
массовая доля серы в масле без присадки, %, не более	-	1,1	-	-	-

* Зольность сульфатная по ГОСТ 12417-94.

** Коррозионность по ГОСТ 20502-75, метод А, вар.II.

*** Кальций нормируется, барий не определяется при производстве масла МС-20П с присадкой ВНИИ НП-714 или ее импортными аналогами.

Примечания. 1. Для всех масел массовая доля воды, %, не более — следы.

2. Для масла МС-20П нормируется содержание селективных растворителей в масле без присадки — отсутствие; для масла М-14Б содержание водорасворимых кислот и щелочей — реакция щелочная, содержание фенола в масле без присадки — отсутствие.

присадкой и добавления композиции присадок. Применяют преимущественно для зимней эксплуатации транспортных дизелей невысокой степени форсирования.

Масло МТ-16П (ГОСТ 6360—83) вырабатывают из малосернистых нефтей компаундированием смеси остаточного и дистиллятного компонентов с композицией моющей, антиокислительной, депрессорной и противопенной присадок. С использованием новой, более эффективной композиции присадок уровень эксплуатационных свойств масла МТ-16П превышает требования к маслам группы $Б_2$. Применяют для смазывания транспортных дизелей типа В-2 и аналогичных по уровню форсирования безнаддувных двигателей.

Масла группы $В_2$ (табл. 2.7)

Масла группы $В_2$ вырабатывают из малосернистых и сернистых нефтей. Они содержат композиции присадок, придающие маслам эксплуатационные свойства, обеспечивающие надежное смазывание безнаддувных автотракторных дизелей старых моделей, а также судовых, тепловозных, стационарных и транспортных дизелей среднего уровня форсирования при работе на дистиллятных дизельных топливах с содержанием серы до 0,5 % (мас. доля).

Масла М-8В$_2$ (ТУ 38.401-58-37—92) и **М-10В$_2$** (ГОСТ 8581—78) готовят на основе смесей дистиллятного и остаточного компонен-

2.7. Характеристики масел группы $В_2$

Показатели	М-8В$_2$	М-10В$_2$	М-10В$_2$С	М-14В$_2$	М-20В$_2$Ф	М-16В$_2$	М14В$_2$з	М-20В$_2$	М-16ИХП-3
Вязкость кинематическая, мм²/с, при температуре:									
100 °С	8±0,5	11±0,5	11-12	13,5-14,5	19-22	16±1	13-15	18-22	15,5-16,5
40 °С, не менее	-	-	-	-	-	-	-	-	160
0 °С, не более	1200	-	-	-	-	-	3000	-	-
Индекс вязкости, не менее	85	85	83	85	90	85	100	90	90
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	3,5	3,5	4,0	4,8	2,8	3,5	6,0	3,5	4,0**
Зольность сульфатная, % (мас. доля), не более	1,3	1.3	1,0	1,2	0,65	0,6*	1.3	1,3	1,25**
Массовая доля механических примесей, %, не более	0,015	0,015	0,01	0,02	0,01	0,025	0,015	0.015	0,013
Температура, °С:									
вспышки в открытом тигле, не ниже	200	205	210	210	230	200	220	235	225
застывания, не выше	-25	-15	-15	-12	-15	-15	-30	-15	-25
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м², не более	10,0	10,0	Отсутствие	Отсутствие	10,0	5,0	Отсутствие	Отсутствие	9.0
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	0,5
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	905	905	900	910	905	-	905	910	905
Термоокислительная стабильность при 250 °С, мин, не менее	50	80	-	-	-	60	55	80	100
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), выдерживает, ч	30	30	40	50	50	-	-	-	45

2.7. Характеристики масел группы B_2 (продолжение)

Показатели	М-8В$_2$	М-10В$_2$	М-10В$_2$С	М-14В$_2$	М-20В$_2$Ф	М-16В$_2$	М14В$_2$з	М-20В$_2$	М-16ИХП-3
Цвет, ед. ЦНТ, не более:									
с разбавлением 15:85	4,5	4,5	3,5	4,0	3,5	-	-	-	6,0
без разбавления	-	-	-	-	-	6,0	7,5	7,5	-
Трибологические характеристики при температуре (20±5)°С:									
индекс задира, кгс	-	-	-	37	36	-	-	-	34
критическая нагрузка, Н, не менее	-	-	-	784	823	-	-	-	-
показатель износа при постоянной нагрузке 196 Н, мм, не более	-	-	-	0,4	0,32	-	-	-	-
Массовая доля активных элементов, %, не менее:									
кальция	0,08	0,08	0,19	0,15*	0,08	-	0,16	0,08	-
бария	0,18	0,18	-	0,13***	0,07	-	-	0,25	0,6
цинка	0,05	0,05	0,05	0,045	-	-	0,09	0,05	-
фосфора	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	-	-	-	-
Степень чистоты, мг/100 г масла, не более	500	500	-	600	400	-	-	200	320
Моющий потенциал, %, не менее	-	-	-	-	-	-	35Ф	-	80Ф

* Зольность оксидная по ГОСТ 1461-75

** С новой композицией присадок щелочное число не менее 3.8 мг КОН/г и зольность не более 1,4 % (мас. доля).

*** При производстве масла М-14В$_2$ с присадкой ВНИИ НП-714 или ее импортными аналогами массовая доля кальция не менее 0,23%, а массовая доля бария не нормируется и не определяется.

Примечание. Для всех масел массовая доля воды, %, не более - - следы.

тов, выработанных из сернистых нефтей. Применяют для смазывания автотракторных дизелей СМД-14, А-41, Д-50, Д-37М и других зимой (М-8В$_2$) и летом (М-10В$_2$).

Масло М-10В$_2$С (ГОСТ 12337–84) производят преимущественно из малосернистых нефтей путем компаундирования дистиллятного и остаточного компонентов с композицией присадок. Применяют для смазывания главных и вспомогательных дизелей морских и речных судов, дизель-генераторов, а также в циркуляционных системах двухтактных крейцкопфных судовых дизелей. Может быть использовано в автотракторных дизелях наравне с летним маслом М-10В$_2$.

Масло М-14В$_2$ (ГОСТ 12337–84) получают смешением дистиллятного и остаточного компонентов, выработанных из сернистых или малосернистых нефтей, с композицией присадок. Используют для смазывания двух- и четырехтактных тепловозных и судовых дизелей тронкового типа при их эксплуатации на дистиллятных дизельных топливах с содержанием серы до 0,5 % (мас. доля), а также двигателей карьерных автосамосвалов.

Масло М-20В$_2$Ф (ГОСТ 12337–84) состоит из остаточного базового масла, получаемого из сернистых нефтей, и специальной композиции присадок без дитиофосфатов цинка. Применяют для смазывания судовых дизелей типов 12ЧН 18/20 и ЧН 16/17, имеющих повышенную степень форсирования или эксплуатируемых с увеличенными сроками замены масла.

Масла М-14В$_2$з и **М-20В$_2$** (ГОСТ 23497–79) вырабатывают с использованием соответственно средневязкого компаундированного и остаточного компонентов. К этим базовым маслам, получаемым из сернистых нефтей, добавлены композиции присадок, выбранные с учетом условий применения масел для смазывания дизелей буровых установок зимой и летом. Масло М-14В$_2$з (зимнее) загущено вязкостной присадкой, но не является всесезонным.

Масло М-16В$_2$ (ТУ 38.101235–74) состоит из смеси остаточного и дистиллятного компонентов, получаемых из малосернистых нефтей, и композиции присадок. Предназначено для смазывания главных двигателей речных судов.

Масло М-16ИХП-3 (ГОСТ 25770–83) производят из смеси остаточного и дистиллятного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей. Содержит специфическую композицию присадок. Применяют для смазывания форсированных транспортных дизелей, включая и двигатели с наддувом.

Масла группы $Г_2$ (табл. 2.8 и 2.9)

Масла группы $Г_2$ вырабатывают из сернистых и малосернистых нефтей. Все масла этой группы содержат значительно больше более эффективных присадок, чем масла группы $В_2$. Высокая степень легирования масел группы $Г_2$ позволяет применять их в более жестких условиях, где необходима высокая термическая стабильность, лучшие антиокислительные, моюще-диспергирующие, нейтрализующие и противоизносные свойства. Высокооборотные дизели, смазываемые маслами группы $Г_2$, эксплуатируют на дистиллятных топливах с содержанием серы до 0,5 % (мас. доля), а средне- и малооборотные судовые дизели с большим диаметром цилиндра — до 1,5 % (мас. доля).

Масла М-8$Г_2$ и М-10$Г_2$ (ГОСТ 8581—78) получают смешением дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, с композицией присадок. Используют соответственно для зимней и летней эксплуатации автотракторных дизелей без наддува или с невысоким наддувом. Масло М-10$Г_2$ применяют также для смазывания высокооборотных стационарных дизелей и дизель-генераторов.

Масла М-8$Г_2$к и М-10$Г_2$к (ГОСТ 8581—78) отличаются от масел М-8$Г_2$ и М-10$Г_2$ только существенно более эффективными композициями присадок, что дает возможность увеличивать сроки замены масла, успешно использовать масла М-8$Г_2$к и М-10$Г_2$к в современных автомобилях КамАЗ, ЗИЛ, а также автобусах «Икарус».

Масло М-14$Г_2$к (ТУ 38.401-58-98—94) имеет тот же состав, что и масла $Г_2$к (ГОСТ 8581—78). Предназначено для четырехтактных транспортных дизелей. Можно применять вместо масла М-10$Г_2$к для летней эксплуатации автотракторных дизелей в регионах с продолжительным и жарким летом.

Масла М-8$Г_2$У и М-10$Г_2$У (ТУ 38.401-58-21—91) получают смешением дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, с композицией присадок, отличающейся существенно повышенными и пролонгированными антиокислительными и моюще-диспергирующими свойствами. Предназначены для автотракторных и стационарных дизелей, в которых применяют масла М-8$Г_2$к и М-10$Г_2$к. Переход на масла марки $Г_2$у дает возможность увеличить срок замены масла и элементов фильтров тонкой очистки в 2 раза, сократить расход масла и затраты на

2.8. Херактеристики масел группы $Г_2$ для автотракторных и транспортных дизелей

Показатели	М-8$Г_2$	М-10$Г_2$	М-8$Г_2$к	М-10$Г_2$к	М-14$Г_2$к	М-8$Г_2$У	М-10$Г_2$У
Вязкость кинематическая, мм²/с, при температуре:							
100 °С	8,0±0,5	11,0±0,5	8,0±0,5	11,0±0,5	14,0-15,0	8,0-9,0	11,0-12,0
0 °С, не более	1200	-	1200	- •	-	-	-
-12 °С, не более	-	-	-	-	-	4000	-
Индекс вязкости, не менее	85	85	95	95	90	95	90
Температура, °С:							
вспышки в открытом тигле, не ниже	200	205	210	220	215	210	225
застывания, не выше	-25	-15	-30	-18	-25	-30	-15
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м², не более	20	20	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	-	-
Термоокислительная стабильность при 250 °С, мин, не менее	60	90	65	65	-	-	-
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,5	7,5
Зольность сульфатная, % (мас. доля), не более	1,65	1,65	1,15	1,15	1,15	1,35	1,35
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), выдерживает, ч	35	40	35	50	50	45	55
Цвет с разбавлением 15:85, ед. ЦНТ, не более	4,5	5,0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	905	905	905	900	910	905	905
Массовая доля активных элементов, %, не менее:							
кальция	0,15	0,15	0,19	0,19	0,19	0,3	0,3
бария	0,45	0,45	-	-	-	-	-
цинка	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1
фосфора	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Степень чистоты, мг/100 г, не более	500	500	450	500	-	-	-

Примечание. Для всех масел массовая доля, %, не более: механических примесей — 0,015; воды — следы.

2.9. Характеристики масел группы $Г_2$ для судовых, тепловозных и стационарных дизелей

Показатели	М-10$Г_2$ЦС	М-14$Г_2$ЦС	М-16$Г_2$ЦС	М-14$Г_2$	М-20$Г_2$
Вязкость кинематическая при 100°С, мм²/с	10,0-11,0	13,5-15,0	15,5-17,0	13,5-14,5	20
Индекс вязкости, не менее	92	92	92	90	85
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	9,0	9,0	9,0	7,0	9,0
Зольность сульфатная, % (мас. доля), не более	1,5	1,5	1,5	1,3	1,9
Массовая доля механических примесей, %, не более	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не ниже	210	215	210	220	235
застывания, не выше	-10	-10	-10	-12	-15
Степень чистоты, мг/100 г, не более	600	600	600	600	400
Трибологические характеристики при температуре (20±5) °С:					
индекс задира, кгс	34	34	34	34	37
критическая нагрузка, Н, не менее	823	823	823	823	823
показатель износа при постояной нагрузке 196 Н, мм, не более	0,4	0,4	0,4	0,45	0,35
Цвет с разбавлением 15:85, ед. ЦНТ, не более	4,0	4,0	4,0	4,0	6,5
Плотность при 20°С, кг/м³, не более	910	910	910	905	907
Массовая доля активных элементов, %, не менее:					
кальция	0,28	0,28	0,28	0,23	0,36
цинка	0,045	0,045	0,045	0,045	0,05
фосфора	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
Вымываемость присадок водой:					
снижение щелочного числа, %, не более	10	10	10	-	-
снижение зольности, %, не более	10	10	10	-	-
эмульгируемость с водой, см³, не более	0,3	0,5	0,5	-	-

Примечание. Для всех масел: массовая доля воды — следы; коррозионность на пластинках из свинца — отсутствие; стабильность по индукционному периоду осадкообразования в течение 50 ч — выдерживает.

техническое обслуживание дизелей, уменьшить вдвое объем отработанных масел, что важно для экологии тех местностей, где нет условий для их утилизации.

В двигателях автомобилей КамАЗ замена масла необходима после пробега 25—30 тыс. км.

Масла М-10$Г_2$ЦС, М-14$Г_2$ЦС и М-16$Г_2$ЦС (ГОСТ 12337-84) состоят из смесей дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых или малосернистых нефтей, и композиции эффективных присадок. Предназначены для смазывания главных и вспомогательных тронковых дизелей судов морского транспортного, промыслового и речного флота. Масло М-10$Г_2$ЦС используют также в циркуляционных системах крейцкопфных дизелей высокой степени форсирования, а масло М-16$Г_2$ЦС — для смазывания цилиндров тронковых и крейцкопфных дизелей с помощью лубрикаторов, когда массовая доля серы в применяемом топливе не более 1,5 %. Масло М-14$Г_2$ЦС широко применяют в тепловозных дизелях типа ЧН 26/26, стационарных дизель-генераторах с двигателями типа ЧН 40/48, дизель-редукторных агрегатах с двигателями типа ЧН 40/46. Масла марки $Г_2$ЦС получили допуск к применению у зарубежных дизелестроителей.

Масла М-10$Г_2$ЦС, М-14$Г_2$ЦС и М-16$Г_2$ЦС могут использоваться для смазывания ряда судовых механизмов и агрегатов, где необходимы масла соответствующих вязкостей (редукторы, компрессоры, воздуходувки и др.). Отличительная особенность этих масел — очень хорошая влагостойкость, малая эмульгируемость с водой и легкое отделение воды при сепарации.

Масло М-14$Г_2$ (ГОСТ 12337-84) состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, и композиции присадок с особо высокими моющими свойствами. Предназначено для смазывания тепловозных дизелей типа ЧН 26/26 при работе на топливе с массовой долей серы до 0,5 %.

Масло М-20$Г_2$ (ГОСТ 12337-84) состоит из остаточного базового масла и композиции присадок, обеспечивающей надежное смазывание в специфических условиях двухтактных дизелей. Предназначено для эксплуатации судовых и стационарных дизелей типа ДН 23/2×30.

Масла группы $Д_2$ (табл. 2.10 и 2.11)

Масла группы $Д_2$ вырабатывают на основе базовых компонентов, получаемых из сернистых нефтей, или с применением синтети-

2.10. Характеристики масел группы $Д_2$ для автотракторных дизелей

Показатели	М-8ДМ	М-10ДМ	М-14ДМ	М-$6_з$/14ДМ	МТ-$4_з$/8ДС	МТ-$5_з$/10Д
Вязкость кинематическая, мм²/с, при температуре:						
100 °C	8,0-8,5	≥11,4	14,0-15,0	14,0-15,5	7,5-8,5	9,5-11,5
-12 °C, не более	4000	-	-	-	-	-
-18 °C, не более	-	-	-	10400	2600	6000
Вязкость динамическая, Па·с, не более, при температуре:						
-25 °C	-	-	-	40	-	-
-40 °C	-	-	-	-	22	-
Индекс вязкости, не менее	102	90	90	120	-	115
Массовая доля, %, не более:						
механических примесей	0,02	0,025	0,02	0,02	0,02	0,015
воды	Следы					
Температура, °C:						
вспышки в открытом тигле, не ниже	195	220	230	210	200	200
застывания, не выше	-30	-18	-15	-30	-55	-40
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м², не более	Отсутствие				10	10
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	0,5	-	-	-	-	-
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	8,5	8,2	8,0	9,0	7,0	9,0
Зольность сульфатная, %, не более	1,5	1,5	1,5	1,6	1,65	1,65
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), выдерживает, ч	35	60	60	35	25	25
Цвет с разбавлением 15:85, ед. ЦНТ, не более	3,5	3,5	-	-	2,5	-
Плотность при 20 °C, кг/м³, не более	897	905	-	-	-	-
Массовая доля активных элементов, %, не менее:						
кальция	-	0,15	0,35	0,35	0,3	-
цинка	-	0,04	0,07	0,09	0,1	-
фосфора	-	-	-	0,08	0,06	-
Трибологические характеристики при температуре (20±5) °C:						
индекс задира, не менее	-	-	-	-	30	35
критическая нагрузка, Н, не менее	-	-	-	-	784	872
нагрузка сваривания, Н, не менее	-	-	-	-	1646	2195
показатель износа, мм, не более, при постоянной нагрузке:						
196 Н	-	-	-	-	0,35	0,35
392 Н	-	-	-	-	0,40	-

2.11. Характеристики масел группы $Д_2$ для судовых, тепловозных и стационарных дизелей

Показатели	М-10ДЦЛ20	М-14ДЦЛ20	М-14ДЦЛ30	М-14ДР	М-16ДР
Вязкость кинематическая при 100 °C, мм²/с	10,0-11,0	13,5-15,0	13,5-15,0	13,5-14,5	15,5-16,5
Индекс вязкости, не менее	92	92	92	90	90
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	18	18	27	10	10
Зольность сульфатная, %, не более	3,0	3,0	4,6	1,85	1,85
Массовая доля механических примесей, %, не более	0,03	0,03	0,05	0,02	0,02
Температура вспышки в открытом тигле, °C, не ниже	215	220	210	215	225
Степень чистоты, мг/100 г, не более	600	600	-	300	300
Трибологические характеристики при температуре (20±5) °C:					
индекс задира, кгс, не менее	34	34	-	40	40
критическая нагрузка, Н, не менее	823	823	-		
показатель износа при постоянной нагрузке 196 Н, мм, не более	0,5	0,5	-	0,45	0,45
Цвет с разбавлением 15:85, ед. ЦНТ, не более	4,5	5,0	-	4,0	4,0
Плотность при 20 °C, кг/м³, не более	910	910	-	910	910
Массовая доля активных элементов, %, не менее:					
кальция	0,65	0,65	1,0	0,4	0,4
цинка	0,045	0,045	0,045	0,09	0,09
фосфора	0,04	0,04	0,04	0,08	0,08
Вымываемость присадок водой:					
снижение щелочного числа, %, не более	15	15	15	12	12
снижение зольности, %, не более	18	18	18	10	10
Эмульгируемость с водой, см³, не более	1,0	1,0	1,0	0,3	0,3

Примечание. Для всех масел: массовая доля воды — следы; температура застывания — не выше -10 °C; коррозионность на пластинках из свинца — отсутствие; стабильность по индукционному периоду осадкообразования в течение 50 ч — выдерживает.

ческих компонентов. В составах масел группы $Д_2$ эффективные присадки используют в высоких концентрациях для достижения уровня эксплуатационных свойств, обеспечивающего длительную работоспособность наиболее форсированных двигателей в особо

тяжелых эксплуатационных условиях, в частности при применении топлив с повышенным содержанием серы.

Масла М-8ДМ и **М-10ДМ** (ГОСТ 8581–78) состоят из смесей дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, и новой композиции присадок, улучшающей антикоррозионные и противоизносные свойства масел марки ДМ. Предназначены соответственно для зимней и летней эксплуатации высокофорсированных дизелей с турбонаддувом, работающих в тяжелых условиях. Могут использоваться в дизелях без наддува со значительно увеличенным пробегом между заменами масла. Обеспечивают надежное смазывание отечественной и импортной техники (карьерные большегрузные самосвалы, промышленные тракторы большой мощности с двигателями водяного или воздушного охлаждения, экскаваторы, бульдозеры, автопогрузчики, трубоукладчики).

Масло М-14ДМ (ТУ 38.401-58-22–91) отличается от масла М-10ДМ большей вязкостью базового масла, но имеет то же назначение. Предпочтительно применение в местностях с жарким продолжительным летом, а также в двигателях, для смазывания которых необходимо масло класса вязкости 14 (SAE 40).

Масло М-6$_з$/14ДМ (ТУ 38.401-938–92) состоит из маловязкого базового масла, выработанного из сернистых нефтей и загущенного вязкостной присадкой, и композиции присадок. Это всесезонное масло может применяться круглый год в дизелях с наддувом, эксплуатируемых в тяжелых условиях, вместо двух сезонных масел М-8ДМ и М-10ДМ.

Масло МТ-5$_з$/10Д (ТУ 38.401-58-40–92) готовят путем загущения маловязкого базового масла из сернистых нефтей полимерной вязкостной присадкой и добавления композиции присадок, придающей готовому продукту свойства высокоэффективного дизельного масла, трансмиссионного масла группы ТМ-4 (GL-4 по API) и гидравлической жидкости для гидросистем промышленных тракторов и сельскохозяйственных машин. Применяют всесезонно в регионах с умеренными климатическими условиями как единое моторно-трансмиссионно-гидравлическое масло, обеспечивающее надежное смазывание дизелей с наддувом, включая двигатели воздушного охлаждения, агрегатов тракторных трансмиссий и гидросистем, управляющих рабочими органами машин. Аналогично импортным маслам, называемым STOU (Super Tractor Oil Universal).

Масло МТ-4$_з$/8ДС (ТУ 38.401-58-54–92) готовят на основе синтетических базовых компонентов и специальной композиции присадок. Используют как всесезонное единое масло для двигателей, агрегатов трансмиссий и гидросистем промышленных тракторов в климатических условиях Севера. Применяют во всех объектах техники, смазываемых маслом МТ-5$_з$/10Д при умеренных климатических условиях.

Масло М-14ДР (ТУ 38.401-1063–97) состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, и композиции присадок, придающих маслу повышенную стойкость к старению. Предназначено для смазывания тепловозных дизелей типа ЧН 26/26 при работе на топливе с содержанием серы до 0,5 %. Обеспечивает значительное увеличение пробега без замены масла и увеличение срока службы элементов фильтров тонкой очистки по сравнению с маслами М-14Г$_2$ и М-14Г$_2$ЦС. Аналогично импортным маслам четвертого поколения.

Масло М-16ДР (ГОСТ 12337–84) отличается от масла М-14ДР только несколько большей вязкостью основы. Предназначено для смазывания судовых двух- и четырехтактных дизелей тронкового типа ДН 23/30, ЧН 26/26 и ЧН 30/38 при работе на топливе с массовой долей серы до 0,5 %. Обладает повышенной стойкостью к старению.

Масла М-10ДЦЛ20, М-14ДЦЛ20 и **М-14ДЦЛ30** (ГОСТ 12337–84) состоят из смесей дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, и композиций присадок в различной дозировке для получения готового масла с щелочными числами около 20 или 30 мг КОН/г. Предназначены для смазывания среднеоборотных тронковых судовых дизелей с циркуляционной или комбинированной смазочной системой. Масла М-10ДЦЛ20 и М-14ДЦЛ20 используют при работе на тяжелых топливах с массовой долей серы до 2,5–3,0 %, масло М-14ДЦЛ30 — при большем содержании серы. Обладают хорошей влагостойкостью и малой эмульгируемостью с водой, легко отделяют воду при сепарации. Допущены к применению зарубежными дизелестроительными фирмами.

Цилиндровые масла для крейцкопфных дизелей (*табл. 2.12*)

Цилиндровые масла получают на основе вязких базовых масел. Свойства цилиндровых масел специфичны. Ими смазывают только детали цилиндро-поршневой группы. Каждая порция масла, поданная

2.12. Характеристики судовых цилиндровых масел

Показатели	М-16Е30	М-20Е70
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	15-17	20-23
Индекс вязкости, не менее	90	90
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	30	70
Зольность сульфатная, %, не более	5,0	10,5
Массовая доля, %, не более:		
механических примесей	0,03	0,03
воды	0,06	0,1
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	205	200
застывания, не выше	-12	-12
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м², не более	Отсутствует	
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО) в течение 50 ч	Выдерживает	
Трибологические характеристики при температуре (20±5) °С:		
индекс задира, кгс, не менее	40	40
критическая нагрузка, Н, не менее	872	980
показатель износа при постоянной нагрузке 196 Н, мм, не более	0,3	0,3
Массовая доля кальция, %, не менее	1,7	2,8
Коксуемость, баллы, не более	3,0	3,0
Вымываемость присадок водой:		
снижение щелочного числа, %, не более	-	15
снижение зольности, %, не более	-	10
Эмульгируемость с водой, см³, не более	-	0,3

к поверхностям трения лубрикатором, работает очень короткое время и полностью расходуется. Масла отличаются высокой нейтрализующей способностью, прочностью масляной пленки при высокой температуре, хорошей растекаемостью на горячих металлических поверхностях, высокими противоизносными свойствами.

Масла М-16Е30 и **М-20Е70** (ГОСТ 12337–84) состоят соответственно из базового масла М-16 компаундированного и М-20 остаточного и композиций присадок различного состава. Масло М-16Е30 используют для смазывания цилиндров главных судовых дизелей невысокой степени форсирования при работе на дистиллятных или тяжелых топливах с массовой долей серы до 2,0 %. Те же двигатели высокой степени форсирования при работе преимущественно на высокосернистых тяжелых топливах смазывают маслом М-20Е70.

Здесь приведена маркировка цилиндровых масел по прежней классификации, относившей их к группе Е. При очередном внесении изменений в ГОСТ 12337–84 масла М-16Е30 и М-20Е70 получат новое обозначение, так как согласно ГОСТ 17479.1–85 масла группы Е будут иметь другую область применения (см. табл. 2.2).

Перечень моторных масел, вырабатываемых по стандартам предприятий

Кроме рассмотренного в этой главе ассортимента моторных масел, вырабатываемых по государственным стандартам или общеотраслевым техническим условиям, многие нефтеперерабатывающие заводы, а также сравнительно новые малые предприятия производят моторные масла по стандартам предприятий или иным нормативным документам. Обычно такие моторные масла вырабатывают путем компаундирования отечественных базовых масел с пакетами присадок, предлагаемыми зарубежными фирмами, или совместными пакетами, в которых некоторые компоненты заменяются отечественными присадками или дополняются последними.

В табл. 2.13 приведен перечень моторных масел с указанием их торговых марок, обозначений по классификации ГОСТ 17479.1–85 и нормативных документов, которыми регламентируется и контролируется качество продуктов. Информация, приведенная в табл. 2.13, любезно предоставлена заводами-изготовителями по запросу ВНИИНП.

В некоторых случаях моторные масла с импортными пакетами присадок выпускают по техническим условиям предприятий, так как они не по всем показателям отвечают требованиям ГОСТов на масла аналогичного назначения с отечественными присадками. В то же время многие новые масла с импортными пакетами присадок не имеют отечественных аналогов, так как превышают уровни эксплуатационных свойств групп $Г_1$ и $Д_2$, которые в прежней отечественной классификации были высшими и удовлетворяли требованиям действовавшего парка транспортных средств и другой техники.



2.13. Перечень моторных масел, вырабатываемых предприятиями-изготовителями по своим ТУ или ТУ разработчика масла

Марка изготовителя	Обозначение по ГОСТ 17479.1–85*	Нормативная документация
ОАО «Ангарская нефтехимическая компания»		
М-8ВА	М-8-В(а)	ТУ 0253-002-13230476-95
Ангрол SAE 10W-30, API SF/CC	М-5$_з$/12-Г	ТУ 38 601-01-220-92
М-8Г$_2$И	М-8-Г$_2$(и)	ТУ 38 1011278-89
М-10Г$_2$И	М-10-Г$_2$(и)	«
М-8Г$_2$КА	М-8-Г$_2$(ка)	ТУ 0253-007-13230476-95
М-10Г$_2$КА	М-10-Г$_2$(ка)	«
М-8ДА	М-8-Д(а)	«
М-10ДА	М-10-Д(а)	«
Ангрол Супер SAE 15W-40, API CF-4/SG/SH	М-6$_з$/14-Е	ТУ 0253-312-05742746-97
Ангрол Супер SAE 10W-40, API CF-4/SG/SH (полусинтетическое)	М-5$_з$/14-Е	ТУ 0253-283-05742746-93
Ангрол Супер SAE 40, API CC	М-14-В$_2$	ТУ 0253-309-05742746-96
Ангрол Супер SAE 40, API CD	М-14-Г$_2$	«
Ангрол SAE 20W, API CB/SC	М-8-В	ТУ 0253-326-05742746-97
Ангрол SAE 20W, API CC	М-8-Г$_2$	«
Ангрол SAE 20W, API CD	М-8-Д	«
Ангрол SAE 30, API CC	М-10-Г$_2$	«
Ангрол SAE 30, API CD	М-10-Д	«
ОАО «Завод им. Шаумяна»		
М-20В$_2$СМ	М-20-В$_2$(см)	ТУ 0253-004-00148820-95
НЕВО МОТОР М-5$_з$/10Г$_1$	М-5$_з$/10-Г$_1$	ТУ 0253-007-00148820-97
НЕВО МОТОР М-5$_з$/12Г$_1$	М-5$_з$/12-Г$_1$	«
НЕВО МОТОР М-5$_з$/14Г$_1$	М-5$_з$/14-Г$_1$	«
НЕВО МОТОР М-6$_з$/12Г$_1$	М-6$_з$/12-Г$_1$	«
М-6$_з$/14Г$_1$	М-6$_з$/14-Г$_1$	«
ООО «ЛУКойл-Волгограднефтепереработка»		
М-8Г$_2$И	М-8-Г$_2$(и)	ТУ 0253-029-00219158-97
М-10Г$_2$И	М-10-Г$_2$(и)	«
М-8В(и)	М-8-В(и)	ТУ 0253-015-00219158-95
М-6$_з$/12Г	М-6$_з$/12-Г	ТУ 0253-011-00151742-95
М-5$_з$/12Г	М-5$_з$/12-Г	ТУ 38 301-29-87-97
М-6$_з$/14Г	М-6$_з$/14-Г	«
Волнез М (SAE 20W-30, API SF/CC)	М-6$_з$/12-Г	ТУ 38 301-29-64-96
Волнез-Прима М-5$_з$/12Г (SAE 10W-30, API SF/CC)	М-4$_з$/12-Г	ТУ 38 301-29-77-95



2.13. Перечень моторных масел, вырабатываемых предприятиями-изготовителями по своим ТУ или ТУ разработчика масла (продолжение)

Марка изготовителя	Обозначение по ГОСТ 17479.1–85*	Нормативная документация
АО «МОПЗ Нефтепродукт»		
Супер Мотор Ойл Аджип SAE 15W-40, API SF/CC	М-5$_з$/14-Г	ТУ 38.401-58-173-97
ООО «ЛУКойл-Пермнефтеоргсинтез»		
М-8Г$_2$(и)	М-8-Г$_2$(и)	ТУ 0253-077-00148636-96
М-10Г$_2$(и)	М-10-Г$_2$(и)	«
ВЕЛС супер SAE 15W-40, API CD/SF	М-6$_з$/14-Д	ТУ 0253-072-00148636-95
ВЕЛС супер турбо SAE 15W-40, API CE/SG	М-6$_з$/14-Д$_2$/Е$_1$	«
ВЕЛС НД Экстра SAE 20W-40, API CF-4/SG	М-6$_з$/14-Е	«
ВЕЛС норд SAE 10W-30, API CD+/SF	М-4$_з$/10-Д	«
ВЕЛС норд Луб SAE 10W-30, API CF-4/SG	М-4$_з$/10-Е	«
ВЕЛС-1 SAE 10W-30, API SF/CC	М-4$_з$/10-Д$_1$/Г$_2$	«
ВЕЛС-2 SAE 10W-30, API SF/CC	М-4$_з$/10-Д$_1$/Г$_2$	«
ВЕЛС-2 SAE 10W-40, API SF/CC	М-4$_з$/14-Д$_1$/Г$_2$	«
ЛУКОЙЛ супер SAE 15W-40, API CF-4/SG	М-5$_з$/14-Е	ТУ 0253-075-00147836-95
ЛУКОЙЛ супер SAE 10W-40, API CF-4/SG	М-4$_з$/14-Е	«
ЛУКОЙЛ супер SAE 10W-30, API CF-4/SG	М-4$_з$/10-Е	«
ЛУКОЙЛ-Арктик SAE 5W-40, API SG/CD	М-3$_з$/14-Е$_1$/Д$_2$	ТУ 0253-78-00148636-96
ЛУКОЙЛ-Арктик SAE 5W-30, API SG/CD	М-3$_з$/10-Е$_1$/Д$_2$	«
ЛУКОЙЛ-Арктик SAE 5W-40, API SF/CC	М-3$_з$/14-Д$_1$/Г$_2$	«
ЛУКОЙЛ-Арктик SAE 5W-30, API SF/CC	М-3$_з$/10-Д$_1$/Г$_2$	«
ЛУКОЙЛ-Арктик-2 SAE 5W-30, API CF-4/SG	М-3$_з$/10-Е	«
ЛУКОЙЛ-Арктик-2 SAE 5W-40, API CF-4/SG	М-3$_з$/14-Е	«
ЛУКОЙЛ-ЛЮКС SAE 5W-30, API SJ/CF	-	ТУ 0253-088-00148636-97
ЛУКОЙЛ-ЛЮКС SAE 5W-40, API SJ/CF	-	«
ЛУКОЙЛ-Синтетик SAE 5W-40, API SJ/CF	-	ТУ 0253-093-00148636-97
М-8-В(и)	М-8-В(и)	ТУ 0253-015-00219158-95

11 -- 1890

2.13. Перечень моторных масел, вырабатываемых предприятиями-изготовителями по своим ТУ или ТУ разработчика масла (продолжение)

Марка изготовителя	Обозначение по ГОСТ 17479.1-85*	Нормативная документация
ООО «Новокуйбышевский завод масел и присадок»		
САМОЙЛ 4124 (М-8Г$_2$к)	М-8-Г$_2$	ТУ 38 301-13-009-97
САМОЙЛ 4125 (М-10Г$_2$к)	М-10-Г$_2$	«
САМОЙЛ 4126 (М-10ДМ)	М-10-Д	ТУ 38 301-13-008-97
САМОЙЛ 4127 (М-6$_3$/14ДМ)	М-6$_3$/14-Д	«
АО «Омский нефтеперерабатывающий завод»		
ОМСКОЙЛ М-3	М-5$_3$/12-Г	ТУ 38 301-19-79-96
ОМСКОЙЛ М-5	М-6$_3$/14-Г	«
ОМСКОЙЛ НД Экстра	М-6$_3$/14-Д	ТУ 38 301-19-98-96
ОМСКОЙЛ Дизель	М-8-Г$_2$(и)	ТУ 38 301-19-78-96
ОМСКОЙЛ Дизель	М-10-Г$_2$(и)	«
М-8-В(и)	М-8-В(и)	ТУ 0253-015-00219158-95
ОМСКОЙЛ Турбо-1	М-8-Д	ТУ 38 301-19-110-97
ОМСКОЙЛ Турбо-2	М-10-Д	«
ОАО «Орскнефтеоргсинтез»		
Масло моторное универсальное М-5$_3$/12Г	М-5$_3$/12-Г	ТУ 0253-004-40065452-97
ОАО «Рязанский НПЗ»		
Rexol M Universal SAE 10W-30, API SF/CC	М-4$_3$/12-Г	ТУ 38 301-41-148-92
Rexol M Universal SAE 10W-40, API SF/CC	М-4$_3$/14-Г	«
Rexol M Universal SAE 30, API SF/CC	М-12-Г	«
Масло моторное SAE 15W-40, API CF-4 (CE/SG)	М-5$_3$/14-Д	ТУ 0253-002-11493112-93
Rexol Super SAE 5W-30, API SF/CC	М-3$_3$/12-Г	ТУ 38 301-41-148-92
Масло моторное SAE 30, API CD	М-10-Д	ТУ 0253-003-00219158-93
Масло моторное М-16Г$_2$(к)	М-16-Г$_2$(к)	ТУ 38 301-41-135-89
Масло моторное М-8-В(и)	М-8-В(и)	ТУ 0253-005-00219158-94
Масло моторное М-10-В$_2$	М-10-В$_2$	ТУ 0253-012-00219158-94
Масло моторное для двухтактных бензиновых двигателей М-14-ТП(и)	-	ТУ 0253-006-00219158-94
ОАО «Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез»		
М-8Ви	М-8-В(и)	ТУ 0253-00500219158-94
М-10В$_2$	М-10-В$_2$	ОСТ 38 01504-97
«Яр-Марка» М-10В	М-10-В	ТУ 0253-022-00219158-96
«Яр-Марка» М-10Г(и)	М-10-Г(и)	ТУ 0253-014-00219158-96
М-8Г$_2$(н)	М-8-Г$_2$(н)	ТУ 0253-016-00219158-95
М-10Г$_2$(н)	М-10-Г$_2$(н)	«

2.13. Перечень моторных масел, вырабатываемых предприятиями-изготовителями по своим ТУ или ТУ разработчика масла (продолжение)

Марка изготовителя	Обозначение по ГОСТ 17479.1-85*	Нормативная документация
«Яр-Марка-1», М-6$_3$/12Г SAE 15W-40, API SF/CC	М-5$_3$/12-Г	ТУ 38 301-25-19-95
«Яр-Марка-2», М-5$_3$/12Г SAE 15W-30, API SF/CC	М-5$_3$/12-Г	«
«Яр-Марка-3», М-4$_3$/12Г SAE 10W-30, API SF/CC	М-4$_3$/12-Г	ТУ 38 301-25-19-95
«Яр-Марка Экстра-4», М-3$_3$/12Г$_1$/Д SAE 0W-30, API SF/CD	М-3$_3$/12-Г$_1$/Д$_2$	ТУ 38 301-25-36-97
«Яр-Марка Экстра-5», М-3$_3$/14Г$_1$/Д SAEW-30, API SF/CD	М-3$_3$/14-Г$_1$/Д$_2$	«
«Яр-Марка Супер-6», М-3$_3$/12Г$_1$/Д SAE 5W-30, API SG/CD	М-3$_3$/12-Д	ТУ 38 301-25-37-97
«Яр-Марка Супер-7», М-3$_3$/14Г$_1$/Д SAE 5W-40, API SG/CD	М-3$_3$/14-Д	«
ОАО «Ново-Уфимский НПЗ»		
М-10Г$_2$кА	М-10-Г$_2$(ка)	ТУ 0253-007-13230476-95
М-8ВА	М-8-В(а)	ТУ 0253-002-13230476-95
«Новойл-Мотор» М-5$_3$/12Г (типа SAE 15W-30, API SF/CC)	М-5$_3$/12-Г	ТУ 38.301.04-32-96
«Новойл-М» М-4$_3$/12Г (типа SAE 10W-30, API SF/CC)	М-4$_3$/12-Г	ТУ 38.301.04-60-97
ОАО «Уфанефтехим»		
«Уфалюб» SAE 15W-40, API SF/CC	М-5$_3$/14-Г	ТУ 0253-00411493112-96
«Уфалюб ХД Экстра SAE 15W-40 Дизель»	М-5$_3$/14-Д$_2$/Е$_1$	ТУ 0253-00211493112-93
«Уфалюб Турбо Дизель SAE 30, API CD»	М-10-Д$_2$	ТУ 0253-003-05766540-96
«Уфалюб Дизель SAE 30»	М-10-Г$_2$	ТУ 0253-00311493112-93
TD SAE 40, CC LOC	М-14-Г$_2$	ТУ 0253-004-00219158-94
TD SAE 40, CD LOC	М-14-Д$_2$	«

* Здесь приведены обозначения в соответствии с Приложениями 3 и 4 ГОСТ 17479.1-85 с Изменениями № 1-3.



МАСЛА ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В зависимости от вида техники авиационные масла условно делят по областям применения на масла для поршневых и газотурбинных двигателей самолетов и различных агрегатов вертолетов.

В авиации имеется два типа газотурбинных двигателей — турбореактивные и турбовинтовые.

В турбореактивных двигателях используют маловязкие масла, а в турбовинтовых — более вязкие, что обусловлено применением в этих двигателях редуктора воздушного винта, для которого требуются масла с повышенной несущей способностью.

Масла для поршневых двигателей

В поршневых двигателях масла работают в тяжелых условиях, создаваемых высокими температурами в зоне поршневых колец, внутренней части поршней, клапанов и других деталей.

Для обеспечения смазывания двигателя в условиях высоких температур, давлений и нагрузок применяют высоковязкие масла, подвергнутые специальной очистке. Такие масла должны иметь высокую смазочную способность, не быть агрессивными к металлам, сплавам и другим конструкционным материалам и обладать достаточной стабильностью к окислению при высоких температурах и в условиях хранения.

Характеристики масел приведены в табл. 3.1.



3.1. Характеристики масел для поршневых двигателей

Показатели	МС-14	МС-20
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с, не менее	14,0	20,5
Индекс вязкости, не менее	85	80
Коксуемость, %, не более	0,45	0,29
Содержание селективных растворителей, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей	Отсутствие	
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	215	265
застывания, не выше	-30	-18
Термоокислительная стабильность по методу Папок при 250 °С, мин, не менее	20	18

Масло МС-14 (ГОСТ 21743–76) — масло селективной очистки. Применяют в осевых шарнирах втулок винтов вертолетов и в качестве базового для некоторых моторных масел и смазок. Масло МС-14 в настоящее время не производится.

Масло МС-20 (ГОСТ 21743–76) — масло селективной очистки. Применяют в поршневых двигателях самолетов; в составе маслосмесей с маслами МС-8, МС-8п (в различных соотношениях) в смазочных системах турбовинтовых двигателей; в осевых шарнирах втулок винтов вертолетов; для смазывания мотокомпрессоров газоперекачивающих агрегатов, а также в качестве базового компонента для некоторых моторных масел и смазок.

Масла для турбореактивных двигателей

В связи с конструктивными особенностями газотурбинных двигателей (ГТД) условия работы смазочных масел в них существенно отличаются от условий работы масел в поршневых двигателях. В отличие от поршневого двигателя смазочное масло в ГТД изолировано от камеры сгорания (зоны горения топлива); кроме того, в наиболее ответственных узлах трения реализуется в основном трение качения, а не скольжения, как в поршневых двигателях (коэффициент трения качения на порядок ниже коэффициента трения скольжения). Вал турбокомпрессора в ГТД хорошо сбалансирован и при большой частоте вращения и больших осевых и радиальных нагрузках работает без резких переменных нагрузок.

Современные газотурбинные двигатели характеризуются жесткими условиями работы: высокие температуры — до 300 °С и выше, большие частоты вращения турбин — 12000-20000 мин$^{-1}$. Напряженность работы масла в таких условиях эксплуатации ГТД определяется количеством тепла, которое необходимо отвести от поверхностей трения деталей, и при прочих равных условиях характеризуется скоростью прокачивания масла через двигатель.

Температура масла на входе в ГТД колеблется от 20 до 50 °С. а на выходе зависит от теплонапряженности двигателя. В двигателях самолетов, летающих с дозвуковыми скоростями, она не превышает 125 °С, а при скорости полета с числом $M^* \approx 2$ она достигает 200 °С.

Подвод масла к узлам трения у ГТД осуществляется не только для смазывания поверхностей трения, но и для отвода тепла от этих узлов. Для исключения перегрева узлов трения масло непрерывно подводится к следующим элементам двигателя: подшипникам, зубчатым колесам, контактным уплотнителям и шлицевым соединениям. Наиболее высокий уровень тепловыделения — в радиально-упорных шарикоподшипниках роторов ГТД, воспринимающих осевую нагрузку, поэтому к ним подводят масла больше, чем к другим элементам.

Масла для реактивных двигателей летательных аппаратов проходят тщательную проверку. При оценке качества масла учитывают возможные условия эксплуатации и напряженность работы его в двигателе.

Смазочные масла для турбореактивных двигателей должны отвечать следующим требованиям:

надежное смазывание всех узлов и агрегатов двигателя с минимальным износом в пределах рабочих температур от -50 до +200 °С;

пологая вязкостно-температурная кривая и хорошая прокачиваемость при низких температурах (пусковые свойства масла должны обеспечивать надежный запуск двигателя без подогрева до температуры -50 °С);

однородный и стабильный фракционный состав, что обусловливает минимальную испаряемость фракций и сохраняет вязкостные характеристики масла в течение всего времени работы двигателя

* M — число Маха, обозначающее скорость, равную скорости звука.

(целесообразно применять смазочные масла узкого фракционного состава);

высокие антиокислительные свойства и минимальное окисление в двигателе при рабочих температурах 150–200 °С и выше;

минимальная вспениваемость, высокая температура самовоспламенения;

неагрессивность по отношению к металлам, сплавам, резинотехническим изделиям, покрытиям, клеям и другим материалам.

Минеральные масла *(табл. 3.2)*

В России широкое распространение получили авиационные масла на минеральной основе. Это связано с их высоким качеством и относительно невысокой стоимостью.

Масло МС-8п (ОСТ 38 101163–78) — наиболее широко применяемое масло на нефтяной основе с комплексом высокоэффективных присадок. Производят из западно-сибирских и смеси западно-сибирских и приуральских нефтей. Предназначено для газотурбинных двигателей дозвуковых и сверхзвуковых самолетов, у которых температура масла на выходе из двигателя не более 150 °С. Используют в составе маслосмесей с авиационным маслом МС-20 (в соотношении 25:75, 50:50 и 75:25) в турбовинтовых двигателях, а также для консервации маслосистем авиационных двигателей. Применяют в корабельных газотурбинных установках и в газоперекачивающих агрегатах. Масло МС-8п разработано взамен масел МК-8 и МК-8п, оно значительно превосходит их по ряду эксплуатационных показателей, в частности, по вязкости при низких температурах, термоокислительной стабильности, ресурсу работы.

Масло МС-8рк (ТУ 38.1011181–88) — рабоче-консервационное масло на базе масла МС-8п с добавлением ингибитора коррозии. Предназначено для смазывания и консервации авиационных двигателей. Равноценно маслу МС-8п по эксплуатационным показателям и значительно превосходит по консервационным характеристикам. При консервации маслосистем авиационных двигателей срок защиты составляет: для масла МК-8 — 3 мес., для масла МС-8п — 1 год, для масла МС-8рк — 4–8 лет.

Масла МК-8, МК-8п (ГОСТ 6457–66) — масла на нефтяной основе, производились из бакинских нефтей. Области их применения аналогичны областям применения масел МС-8п и МС-8рк. В настоящее время не производятся.

3.2. Характеристики минеральных масел для турбореактивных двигателей

Показатели	МС-8п	МС-8рк	МК-8п	МК-8
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:				
50 °С, не менее	8,0	8,0	8,3	8,3
-40 °С, не более	4000	5000	6500	6500
Температура, °С:				
вспышки в закрытом тигле, не ниже	145	145	135	140
застывания, не выше	-55	-55	-55	-55
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	0,15	0,04	0,04
Содержание водорастворимых кислот, щелочей, воды, механических примесей	Отсутствие			
Термоокислительная стабильность, ч (температура, °С)	50 (150)	50 (150)	10 (175)	10 (120)
Показатели после окисления:				
кинематическая вязкость, мм²/с, не более, при температуре:				
50 °С	10,0	11,0	-	-
-40 °С	5500	6750	-	-
кислотное число, мг КОН/г, не более	0,7	0,7	0,6	0,25
массовая доля осадка, нерастворимого в изооктане, %, не более	0,15	0,15	0,10	0,10
коррозия на пластинках, г/м², не более:				
сталь ШХ15	Отсутствие		-	-
медь М1 и М2	±0,2	±0,2	-	-
алюминиевый сплав АК4	Отсутствие		-	-
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	875	900	885	885
Трибологические характеристики на ЧШМТ при (20±5) °С:				
критическая нагрузка, Н, не менее	490	490	-	-
показатель износа при осевой нагрузке 196 Н, не более	0,55	0,55	-	-

Синтетические масла (*табл. 3.3*)

Масло ИПМ-10 (ТУ 38.101299–90) — синтетическое углеводородное с комплексом высокоэффективных присадок. Работоспособно в интервале температур от -50 до +200 °С. Применяют в теплонапряженных газотурбинных двигателях военной и гражданской авиации с температурой масла на выходе из двигателя до 200 °С, а также в авиационных турбохолодильниках в качестве унифицированного

3.3. Характеристики синтетических масел для газотурбинных двигателей

Показатели	ИПМ-10	ВНИИНП-50-1-4ф	ВНИИНП-50-1-4у	ПТС-225	Б-3В	36/1-КУА	ЛЗ-240	ВТ-301*
Внешний вид	Прозрачная желтая жидкость	-	Светлая прозрачная жидкость	Однородная прозрачная жидкость от желтого до коричневого цвета с флюоресценцией	Прозрачная жидкость от светло-желтого до коричневого цвета	Однородная прозрачная жидкость без посторонних частиц и волокон	Прозрачная жидкость от светло-коричневого до красно-коричневого цвета	Однородная подвижная прозрачная жидкость от темно-желтого до темно-коричневого цвета
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:								
100 °С, не менее	3,0	3,2	3,2	1,25 (200 °С)	5,0	3,5	4,8	8,5
-30 °С, не более	-	-	-	-	3500	-	-	-
-40 °С, не более	2000	2000	2700	6500	12500	3600	12500	800
-54 °С, не более	-	11000	8500 (50 °С)	-	-	-	-	2500
Температура, °С:								
вспышки в открытом тигле, не ниже	190	204	204	235	235	195	235	260
застывания, не выше	-50	-60	-60	-60	-60	-60	-58	-60
Кислотное число, мг КОН/г	≤0,05	≤0,20	≤0,25	≤0,20	4,4-5,5	3,2-4,0	≤0,50	≤0,20
Содержание:								
водорастворимых кислот, щелочей, механических примесей	Отсутствие							
воды	Отсутствие				Следы			Отсутствие
Термоокислительная стабильность, ч (температура, °С)	50 (200), (воздух 3 дм³/ч)	50 (175), (воздух 10 дм³/ч)	50 (200), (воздух 10 дм³/ч)	50 (225), (воздух 10 дм³/ч)	10 (200)	10 (200)	50 (200)	50 (250)

3.3. Характеристики синтетических масел для газотурбинных двигателей (продолжение)

Показатели	ИПМ-10	ВНИИНП-50-1-4ф	ВНИИНП-50-1-4у	ПТС-225	Б-3В	36/1-КУА	ЛЗ-240	ВТ-301*
Показатели после окисления: кинематическая вязкость, мм²/с, не более, при температуре:								
100 °С	4,5	-	3,7	6,9	6,0	5,5	6,0	10,0
-40 °С	5000	3500	-	30000	20000	9000	20000	-
изменение вязкости при 100 °С, не более	-	7,0	-	-	-	-	-	-
кислотное число, мг КОН/г	≤8,0	≤0,4	≤4,5	≤3,08	0,7-2,0	≤4,0	≤1,5	≤0,3
массовая доля осадка, нерастворимого в изооктане, %, не более	0,35	0,30	0,15	0,15	0,11	0,35	0,10	0,12
коррозия на пластинках, г/м²: сталь ШХ15	Отсутствие	Отсутствие	±1,0	Не нормируется	-	Отсутствие	Отсутствие	±2,0
медь М1 или М2	±0,2	±1,5	±4,0	То же	-	-	Отсутствие	±2,0
алюминиевый сплав АК4	Отсутствие	±2,0	±1,0	«	-	Отсутствие	Отсутствие	±2,0
Коксуемость, %, не более	-	-	-	-	0,45	0,40	0,45	-
Плотность при 20 °С, кг/м³	>820	≤926	≤928	1000	990-997	980-997	980-1020	1090-1110
Трибологические характеристики на ЧШМТ при (20±5) °С: критическая нагрузка, Н, не менее	710	840	735	900	890	874	872	-
показатель износа при осевой нагрузке 196 Н, не более	0,35	0,40	0,45	0,50	-	0,60	0,50	-

* Массовая доля железа — 0,017–0,025%.

сорта масла и в других агрегатах, в частности, в газоперекачивающих агрегатах с приводом от авиационного двигателя. Можно использовать для недлительной консервации.

Масло ВНИИНП-50-1-4ф (ГОСТ 13076–86) — синтетическое диэфирное с присадками, повышающими противоизносные свойства и термоокислительную стабильность. Применяют в двигателях с температурой масла на выходе до 175 °С и в турбохолодильниках.

Масло ВНИИНП-50-1-4у (ТУ 38.401-58-12–91) — синтетическое диэфирное, содержащее эффективную композицию антиокислительных присадок, позволяющих применять масло при температуре от -60 до 200 °С с перегревом до 225 °С. Допущено к применению во всех авиационных ГТД. Может заменить масло ВНИИНП-50-1-4ф. Совместимо с маслом ВНИИНП-50-1-4ф во всех соотношениях, не требуется замена резин и конструкционных материалов. Используют как одно из основных в военной технике (например, МиГ-29). Рекомендуется для перспективной техники.

Масло Б-3В (ТУ 38.101295–85) — синтетическое на основе сложных эфиров пентаэритрита и жирных кислот с комплексом присадок. Применяют в газотурбинных двигателях, редукторах вертолетов и другой технике с температурой масла на выходе из двигателя до 200 °С. Обладает высокими смазывающими свойствами. Недостаток: выпадение в осадок противозадирной присадки при низкой температуре эксплуатации в результате окисления с последующим растворением осадка в масле при 70–90 °С.

Масло 36/1-КУА (ТУ 38.101384–78) — синтетическое на основе сложных эфиров с комплексом присадок; обладает высокими противозадирными свойствами. Используют в газотурбинных двигателях с температурой масла на выходе из двигателя 200 °С. В настоящее время не вырабатывается.

Масло ЛЗ-240 (ТУ 301-04-010–92) — синтетическое на основе сложных эфиров пентаэритрита и жирных кислот с комплексом присадок. Рекомендуется для использования в тех же двигателях, в которых применяется масло Б-3В.

Масло ПТС-225 (ТУ 38.401-58-1–90) — синтетическое высокостабильное на основе сложных эфиров пентаэритрита и синтетических жирных кислот C_5-C_9. Работоспособно в интервале температур от -60 до +225 °С. Рекомендовано к применению в теплонапряженной авиационной технике, а также в качестве унифицированного масла для отработки новых теплонапряженных авиационных газотур-

бинных двигателей (ТРД, ТВД, ТВВД, турбовальных двигателей и редукторов вертолетов). Масло обладает улучшенными вязкостно-температурными свойствами и высокой термоокислительной стабильностью. Рекомендуется для перспективной авиатехники, а также взамен товарных нефтяных и синтетических авиамасел. По своим физико-химическим и эксплуатационным свойствам наиболее (по сравнению с другими маслами) соответствует американской спецификации MIL-L-23699F.

Масло ВТ-301 (ТУ 38.101657—85) — синтетическое на основе кремнийорганической жидкости с присадкой. Характеризуется максимальной (по сравнению с другими маслами) термоокислительной стабильностью, низкой летучестью, хорошими низкотемпературными свойствами. Можно использовать в газотурбинных двигателях с температурой масла на выходе из двигателя до 250—280 °С.

Масла для турбовинтовых двигателей

Особенности конструкции турбовинтовых двигателей связаны с наличием в них многоступенчатых зубчатых передач (редукторов), которые предназначены для передачи больших усилий и работают при больших частотах вращения. Выдержать такие нагрузки, как показывает опыт эксплуатации, могут масла с повышенной вязкостью. Поэтому для турбовинтовых двигателей применяют масла с более высокой вязкостью, чем для турбореактивных.

Требования, предъявляемые к маслам для турбовинтовых двигателей, следующие:

пологая вязкостно-температурная кривая и хорошая прокачиваемость при низких температурах;

высокие противоизносные и противозадирные свойства;

устойчивость к окислению в условиях высоких температур (150—175 °С) и контакта с воздухом и различными авиационными материалами;

инертность по отношению к металлам, сплавам, резинам, покрытиям, клеям и другим конструкционным материалам;

минимальные вспениваемость и испаряемость.

Для смазывания этих двигателей применяют нефтяные и синтетические масла. Основными смазочными материалами являются маслосмеси, получаемые смешением на местах потребления авиационных масел МС-8п и МС-20 в следующих соотношениях

(мас. доля, %): 75:25; 50:50; 25:75. Допускается применение масла МС-8рк в составе маслосмесей. Благодаря применению высококачественного масла МС-8п качество маслосмесей значительно повышается. Маслосмеси готовят и контролируют их качество по ведомственной инструкции МГА*.

Маслосмесь СМ-4,5 (ТУ 0253-007-39247202—96) — смесь авиационных масел МС-8п и МС-20 в соотношении 75:25 (мас. доля, %). Предназначена для применения в самолетах с турбовинтовыми двигателями типа АИ-20, АИ-24.

Масло МН-7,5у (ТУ 38.101722—85) — унифицированное масло на нефтяной основе с комплексом присадок. Разработано взамен маслосмесей, масел МН-7,5 и ВНИИНП-7. Можно применять в турбовинтовых двигателях всех типов при температуре масла на выходе из двигателя до 150 °С.

Характеристики масла МН-7,5у и маслосмеси СМ-4,5 приведены в табл. 3.4.

Масла для вертолетов

В вертолетах маслами смазывают двигатели, редукторы трансмиссии и шарниры втулок винтов. В двигателях вертолетов МИ-6 и МИ-10 используют масла МС-8п и МС-8рк, в вертолетах МИ-2 и МИ-8 — синтетическое масло Б-3В, в турбокомпрессорной части силовой установки вертолета МИ-26 применяют синтетическое изопарафиновое масло ИПМ-10. В двигателе и редукторе перспективных и вновь проектируемых вертолетов рекомендовано использовать синтетическое масло ПТС-225.

Для смазывания редукторов трансмиссии вертолетов используют широкий ассортимент масел различного назначения, уровень качества которых невысок. Так как маловязкие моторные масла имеют недостаточную смазывающую способность, а высоковязкие нефтяные масла обладают неудовлетворительными низкотемпературными свойствами, то для смазывания редукторов трансмиссий широко применяют смеси масел.

В вертолетах МИ-6 и МИ-8 для летней эксплуатации до температуры -10 °С используют смесь масел СМ-11,5 — 75 % (мас.

* **Инструкция** по применению и контролю качества авиационных горюче-смазочных материалов и специальных жидкостей в гражданской авиации. М.: Воздушный транспорт, 1983.

3.4. Характеристики масла МН-7,5у и маслосмеси СМ-4,5

Показатели	МН-7,5у	СМ-4,5
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	900	860
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:		
100 °С, не менее	7,5	4,3-4,7
-35 °С, не более	7500	-
Стабильность вязкости после озвучивания на ультразвуковой установке в течение 15 мин, %, не более	11	-
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,1	0.05
Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей	Отсутствие	
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	150	138
застывания, не выше	-53	-35
Коксуемость, %, не более	0,1	0,15
Испаряемость (150 °С, 3 ч, расход воздуха 1,5 дм³/мин), %, не более	7,0	-
Трибологические характеристики на ЧШМТ при (20±5) °С:		
критическая нагрузка, Н, не менее	840	-
показатель износа при осевой нагрузке 196 Н, не более	0,5	-
Термоокислительная стабильность, ч (175 °С, расход воздуха 10 дм³/ч)	50	-
Показатели после окисления:		
кинематическая вязкость, мм²/с, не более, при температуре:		
100 °С	10,0	-
-35 °С	11500	-
массовая доля осадка, нерастворимого в изооктане, %, не более	0,15	-
кислотное число, мг КОН/г, не более	0,75	-
коррозия на пластинках, г/м²:		
сталь ШХ15	Отсутствие	-
алюминиевый сплав АК4	±0,2	-
медь М1 или М2	±0,5	-
Степень чистоты:		
число фильтраций	1	-
содержание осадка, мг/100 г, не более	60	
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,5	

доля) МС-20 и 25 % (мас. доля) МС-8п, для зимней эксплуатации — смесь СМ-8 — 50 % (мас. доля) МС-20 и 50 % (мас. доля) МС-8п.

В редукторах хвостовой трансмиссии вертолетов летом широко применяют масло МС-20 и трансмиссионное масло ТСгип (подробней см. гл. 4) по ТУ 38.101332—90, а зимой из-за плохих низкотемпе-

3.5. Характеристики маслосмесей, используемых в редукторах вертолетов

Показатели	СМ-11,5	СМ-8	СМ-9
Кинематическая вязкость, мм²/с, при 100 °С	11-12,6	6,5-7,5	11,0
Температура, °С:			
вспышки в закрытом тигле, не ниже	165	155	140
застывания, не выше	-22	-30	-45
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	0,05	3,5
Зольность, %, не более	0,004	0,004	-
Смазывающие свойства:			
критическая нагрузка, Н	500	440	-
показатель износа, мм	0,63	0,66	-

ратурных свойств масел — смесь МС-20 с МС-8п и смесь ТСгип с жидкостью АМГ-10 (маслосмесь СМ-9) (табл. 3.5).

Применение смесей масел усложняет эксплуатацию вертолетов и не может обеспечить безопасность полетов. Из синтетических масел в редукторах вертолетов МИ-2 и МИ-8, а также в главном редукторе тяжелонагруженного вертолета МИ-26 используют пентаэритритовое масло Б-3В (см. табл. 3.3).

Шарниры винтов отечественных вертолетов смазывают сезонными маслами (табл. 3.6). В осевых шарнирах втулок винтов вертолетов при эксплуатации летом применяют масло МС-20 (см. табл. 3.1), зимой — ВНИИНП-25 и ВО-12. Масло ВО-12 можно использовать как всесезонное в диапазоне температур от +60 до -50 °С. Горизонтальные и вертикальные шарниры втулок винтов вертолетов смазывают летом маслом ТСгип (см. гл. 4), зимой — смесью масел ТСгип и АМГ-10.

3.6. Смазочные масла для шврниров винтов вертолетов

Масло	ТУ, ГОСТ	Температура применения
Масла для горизонтальных и вертикальных шарниров		
Трансмиссионное ТСгип	ТУ 38.101332-90	+60...-5 °С
Маслосмесь СМ-9 (2/3 ТСгип и 1/3 АМГ-10 по объему)	-	-5...-45 °С
Масла для осевых шарниров втулок винтов вертолетов		
МС-20	ГОСТ 21743-76	+60...-5 °С
ВНИИНП-25 шарнирное	ГОСТ 11122-84	-5...-50 °С
ВО-12	ТУ РМ-80-4-95	+60...-50 °С



3.7. Характеристика масел для осевых шарниров втулок винтов вертолетов

Показатели	ВНИИНП-25	ВО-12
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:		
100 °С, не менее	10	12
-30 °С, не более	13500	15000
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,08	0,08
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	135	240
застывания, не выше	-54	-54
Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей	Отсутствие	
Индекс вязкости, не менее	120	120
Массовая доля золы, %, не более	0,005	0,005
Трибологические характеристики на ЧШМТ при (20±5) °С:		
критическая нагрузка, Н, не менее	500	686
показатель износа при осевой нагрузке 196 Н, не более	0,7	0,7

Масло ВНИИНП-25-шарнирное (ГОСТ 11122–84) — нефтяное низкозастывающее масло (зимний сорт), загущенное полимерной присадкой, содержит антиокислительную присадку (табл. 3.7). В настоящее время не производится.

Масло ВО-12 (ТУ РМ-80-4–95) — всесезонное масло (табл. 3.7) для осевых шарниров втулок винтов вертолетов. Разработано взамен масла ВНИИНП-25. Работоспособно при температуре от +60 до -50 °С. Представляет собой смесь синтетического углеводородного и диэфирного масел с комплексом присадок.

Масла для газоперекачивающих агрегатов

Газоперекачивающие агрегаты (ГПА), устанавливаемые на компрессорных станциях (КС) различного назначения, предназначены для компримирования природного газа с целью его транспортирования по магистральным газопроводам при температуре окружающей среды от -55 до +45 °С.

ГПА различают по типу привода компрессоров (нагнетателей):

газотурбинные с приводом центробежных нагнетателей от стационарных газотурбинных установок (ГТУ) или от конвертированных транспортных (авиационных и судовых) газотурбинных двигателей (ГТД);

электроприводные (ЭГПА) с приводом центробежных нагнетателей от электродвигателей;

поршневые (газомотокомпрессоры), в которых поршневой компрессор выполнен как одно целое с газовым двигателем.

Масляные системы предназначены обеспечивать смазывание подшипников и других пар трения, охлаждение узлов газоперекачивающих установок (ГПУ), уплотнение вала нагнетателя, работу систем регулирования и защиты, а также:

надежную работу на всех режимах — включение, пуск и аварийная остановка при изменяющихся внешних температурных условиях;

охлаждение масла с минимальными затратами мощности на его прокачку;

пожарную безопасность;

отделение от масла газов, механических примесей и воды;

исключение образования в системе воздушных пробок;

прогрев масла при запуске (или при нахождении агрегата в «горячем резерве»);

запас масла, достаточный для пробега между нагнетательными перепадами заправки;

минимальные расходы (потери) масла в процессе эксплуатации;

достаточную прочность и вибростойкость элементов системы, герметичность соединения;

простоту обслуживания.

Масла для ГПА со стационарными ГТУ и электроприводами

В ГПА такого типа широко используют турбинные масла для смазывания и охлаждения подшипников скольжения нагнетателя, стационарных ГПУ, электродвигателей, зубчатых муфт, торсионного вала, а также для обеспечения постоянного превышения давления масла по сравнению с давлением газа на всех режимах работы агрегата с целью исключения прорыва газа из нагнетателя в контейнер турбоагрегата.

Масло в нагнетателе выполняет две функции:

1) смазывает (и охлаждает) опорные и упорные подшипники ротора;

12 — 1890

2) уплотняет радиальные зазоры между ротором и статором нагнетателя для ограничения утечек газа в атмосферу.

В современных турбоагрегатах масла работают при повышенных температурах в циркуляционных системах, где к маслу имеется свободный доступ воздуха, а кроме того возможно попадание воды. В связи с этим качество газотурбинных масел определяют такие показатели, как стабильность против окисления, склонность к эмульгированию и вспениванию, способность защищать металлические поверхности от коррозии.

Одна из наиболее важных эксплуатационных характеристик газотурбинных масел — стабильность против окисления и способность сохранять ее в условиях длительной эксплуатации в широком интервале температур. От этого зависит работоспособность масла и срок его службы.

Для смазывания нагнетателей применяют взаимозаменяемые масла Тп-22с и Тп-22Б.

Основные физико-химические свойства турбинных масел описаны в гл. 5.

Масла для газомотокомпрессорных ГПА

Газомоторный компрессор (ГМК) представляет собой агрегат, состоящий из поршневого газового двигателя (силовой части) и поршневого компрессора, соединенных между собой общим коленчатым валом и рамой.

Смазочная система двигателей ГМК необходима для уменьшения сил трения и износа поверхностей, а также для отвода тепла, выделяющегося при трении, для охлаждения силовых поршней, удаления металлических и неметаллических частиц из зазоров, создания максимальной герметичности между поршнем и цилиндром, в сальниковых уплотнениях и других узлах агрегата (при нормальных зазорах).

К маслу, предназначенному для газовых двигателей, предъявляют следующие требования:

высокая стабильность, обеспечивающая длительную работу масла без замены;

отсутствие золы, вызывающей перебои в работе запальных свечей, приводящей к калильному зажиганию, залиру цилиндровых втулок и забиванию продувочных окон;



хорошие противоизносные свойства, обеспечивающие длительную работу двигателя до ремонта;

высокие моющие свойства, устраняющие отложение лака и нагара на деталях двигателя.

Температура вспышки масла, применяемого для компрессоров, должна быть на 20—50 °С выше температуры нагнетания.

В поршневых компрессорах смазочное масло находится в прямом соприкосновении со сжатым газом, имеющим высокую температуру. Основным эксплуатационным свойством масел, влияющим на долговечную, эффективную и безопасную работу компрессоров, является их стабильность и способность предотвращать или сводить к минимуму коксообразные отложения в нагнетательных линиях компрессоров. Причиной пожаров, возникающих в смазываемых маслом компрессорах, обычно является образование твердых продуктов распада и уплотнение масла при его эксплуатации.

Наиболее оптимальным, удовлетворяющим требованиям к смазке газомотокомпрессоров, является масло МС-20 (см. табл. 3.1).

Масло МС-20 — остаточное, селективной очистки, вырабатывается из малосернистых парафиновых и беспарафиновых нефтей. Характеризуется высокой вязкостью, хорошими смазывающими свойствами, отличной адгезией, температурой вспышки выше 265 °С, но недостаточными низкотемпературными свойствами, что исключает его хранение в зимних условиях Севера и Сибири на открытых площадках, так как для его перекачки на компрессорной станции требуются специальные мощные насосы.

Широкое применение в газомотокомпрессорах нашло масло МГД-14м (табл. 3.8), разработанное взамен масла МС-20.

Масло МГД-14м (ТУ 38.101930—83) вырабатывают из сернистых нефтей. Содержит специальную композицию присадок. Предназначено для смазывания двигателей и компрессорной части газомотокомпрессоров типов 8ГК, 8ГКМ, 10ГКМ, 10ГКН и аналогичных им агрегатов, работающих на природном газе. Это масло применимо и в циркуляционной, и в лубрикаторной смазочных системах газомотокомпрессоров.

Масла для ГПА с приводом от конвертированных авиационных или судовых ГТД

Все большее распространение получают ГПА, в которых в качестве приводов используются конвертированные авиационные или

3.8. Физико-химические свойства масла МГД-14м

Показатели	МГД-14м
Кинематическая вязкость, мм²/с, при 100 °С	13,5-15,5
Индекс вязкости, не менее	90
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	2,0
Зольность сульфатная, %	0,2
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м², не более	10
Температура, °С:	
вспышки в открытом тигле, не ниже	215
застывания, не выше	-15
Массовая доля, %:	
механических примесей, не более	0,015
воды	Следы
Цвет (разбавление 15:85), ед. ЦНТ, не более	4,0
Степень чистоты, мг/100 г, не более	400
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования, ч, не менее	35

судовые газотурбинные двигатели, имеющие одну общую особенность: каждый такой привод состоит из двух отдельных модулей.

Первый модуль, представляющий собственно модификацию базового двигателя, называют газогенератором. Второй модуль — свободная (или силовая) турбина (СТ), приводящая во вращение нагнетатель ГПА.

Выбор того или иного сорта масла для ГТД определяется теплонапряженностью элементов его конструкции, контактирующих с маслом.

Применяемое масло должно иметь достаточную термическую и термоокислительную стабильность. Оно не должно разлагаться (с испарением легких фракций и выпадением из него смолистых веществ) при контакте с наиболее нагретыми стенками масляных полостей привода через уплотнения вращающихся валов.

Масла, применяемые для смазывания ГТД, должны отвечать таким же требованиям, как и масла для авиационных турбореактивных двигателей.

Среди нефтяных масел наиболее широкое применение получили авиационное масло МС-8п (см. табл. 3.2), МС-8гп и масло для судовых газовых турбин по ГОСТ 10289—70. Применяют также рабоче-консервационное масло МС-8рк (см. табл. 3.2).

Масло для судовых газовых турбин по ГОСТ 10289—79 рекомендовано для использования в некоторых ГПА, разработанных на базе судовых газовых турбин. Его изготовляют на основе трансформаторного масла из сернистых или малосернистых нефтей с добавлением антиокислительной и противоизносной присадок (табл. 3.9).

Масло МС-8гп (ТУ 0258-003-4006542—97) разработано на базе масла МС-8п, но технология получения базового компонента, температура застывания которого -45 °С (в отличие от -55 °С для масла МС-8п), более простая; комплекс присадок сохранился прежним. Масло МС-8гп предназначено для использования только в газотурбинных двигателях ГПА.

Для смазывания теплонапряженных перспективных двигателей типа НК-36СТ, АЛ-31СТ предназначены высококачественное **масло Петрим** по ТУ 38.401939—92 (табл. 3.10) и **углеводородное масло ИПМ-10** по ТУ 38.1011299—90 (см. табл. 3.3).

Наличие нескольких сортов масел для смазывания нагнетателей и приводов с авиационными и судовыми двигателями в составе ГПА создает технические сложности при эксплуатации и экономически не эффективно. Создание и применение унифицированного масла позволит улучшить обеспечение и обслуживание ГПА, решит ряд экономических вопросов, повысит надежность работы КС. Как универсальное можно рассматривать **масло Эридан** (см. табл. 3.10) для смазывания ГТД и трансмиссии самолетов и вертолетов.

3.9. Физико-химические свойства масла для судовых газовых турбин

Показатели	Нормы по ГОСТ 10289-79
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:	
50 °С	7,0-9,6
20 °С, не более	30
Индекс вязкости, не менее	40
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02
Зольность, %, не более	0,005
Температура, °С:	
вспышки в закрытом тигле, не ниже	135
застывания, не выше	-45
Стабильность против окисления (170 °С, 50 ч):	
массовая доля осадка после окисления, %, не более	0,20
кислотное число окисленного масла, мг КОН/г, не более	0,65
Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды	Отсутствие
Натровая проба, оптическая плотность (кювета 10 мм), не более	2
Прозрачность масла без присадки при 5 °С	Прозрачное
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,5
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	905

3.10. Физико-химические свойства масел МС-8гп, Петрим, Эридан

Показатели	МС-8гп	Петрим	Эридан*
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:			
100 °С, не менее	8,0	3,0	7,0**
-40 °С, не более	4000	5500	Не нормируется, определение обязательно
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	-	170	190
вспышки в закрытом тигле, не ниже	145	-	-
застывания, не выше	-45	-50	-50
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	0,05	0,2
Массовая доля серы, %, не более	0,6	-	-
Зольность, %, не более	0,008	-	-
Испаряемость в чашечках в течение 3 ч:			
потери от испарения, %:			
при 150 °С, не более	10,0	-	-
при 175 °С	-	Не нормируется, определение обязательно	
вязкость после испарения, мм²/с, при -40 °С, не более	5000	Не нормируется, определение обязательно	
Трибологические характеристики на ЧШМТ:			
критическая нагрузка при 20 °С, Н, не менее	500	600	600
показатель износа при осевой нагрузке 196 Н, мм, не более	0,5	0,35	0,8
Термоокислительная стабильность в течение 50 ч***:			
кинематическая вязкость после окисления, мм²/с, не более, при температуре:			
100 °С	-	5,0	9,0
50 °С	10,0	-	-
-40 °С	5500	7000	13000
кислотное число после окисления, мг КОН/г, не более	0,7	2,5	1,0
массовая доля осадка, нерастворимого в изооктане, %, не более	0,15	0,15	-
коррозия на пластинках после окисления, мг/см²:			
сталь ШХ15		Отсутствие	
алюминиевый сплав АК4		Отсутствие	
медь М1 или М2	+0,2	±0,2	Отсутствие
Плотность при 20 °С, кг/м³	≤865	≥820	Не нормируется
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,5	-	-

3.10. Физико-химические свойства масел МС-8гп, Петрим, Эридан (продолжение)

* Стабильность вязкости после озвучивания на ультразвуковой установке УЗДН-1 в течение 15 мин: относительное снижение вязкости после озвучивания не более 3 %.

** Вязкость масла Эридан зависит от требований заказчика к качеству и может составлять от 3 до 8 мм²/с при 100 °С.

*** Для масла марки МС-8гп — при 150 °С, для масел Петрим и Эридан — при 175 °С.

Примечание. Для всех масел содержание водорастворимых кислот, щелочей, воды, механических примесей — отсутствие.

Масло Эридан (ТУ 38.401829–90) обладает высоким уровнем термической (370 °С) и термоокислительной (180–200 °С) стабильности, трибологических характеристик (противоизносных, антифрикционных и противозадирных), а также хорошими антикоррозионными свойствами (не хуже, чем у масла МС-8рк).

Рекомендации по применению конкретных марок масел для авиационных и судовых ГТД в приводах ГПА подробно изложены в книге «Смазочные масла для приводов и нагнетателей газоперерабатывающих агрегатов (авторы: А.Ф. Хурумова, Т.И. Назарова, А.Е. Троянов и др.; М.: 1996).

При подборе масла для конкретных изделий авиационной техники кроме основных характеристик, приведенных в нормативно-технической документации, требуются данные по вспениваемости и совместимости с другими маслами и конструкционными материалами (резинами, покрытиями и др.), по коррозионному воздействию на различные металлы и сплавы, токсикологические и санитарно-гигиенические, теплофизические, электрические характеристики, сведения о зарубежных аналогах и др.

В табл. 3.11, 3.12 приведены некоторые дополнительные данные по авиационным маслам различных типов.

3.11. Смазывающие свойства авиационных масел (ГОСТ 9490-75)

Марка масла	Критическая нагрузка, Н	Показатель износа*, мм	Марка масла	Критическая нагрузка, Н	Показатель износа*, мм
ИПМ-10	710	0,35	МС-8п	500	0,5
36/1КУА	790	0,50	МС-8рк	500	0,5
ВНИИНП-50-1-4ф	840	0,4	Б-3В	890	0,45
ВНИИНП-50-1-4у	750	0,45	ЛЗ-240	890	0,5
ПТС-225	900	0,5	МН-7,5у	840	0,5
ВТ-301	900	1,10	ВНИИНП-25	500	0,7

* При осевой нагрузке 196 Н и температуре (20±5) °С.



3.12. Совместимость масел для авиационных газотурбинных двигателей

Марка масла	МС-8п	МС-8рк	ЛЗ-240	Б-3В	ИПМ-10	ВНИИНП-50-1-4ф	ВНИИНП-50-1-4у	ПТС-225	ВТ-301
МС-8п		С	-	-	С	С	С	-	-
МС-8рк	С		-	-	С	С*	С*	-	-
ЛЗ-240	-	-		С	С	-	-	С*	-
Б-3В	-	-	С		С*	-	-	С*	-
ИПМ-10	С	С	С	С*		С	С	-	Н
ВНИИНП-50-1-4ф	С*	С*	-	-	С		С	-	-
ВНИИНП-50-1-4у	С*	С*	-	-	С	С		-	-
ПТС-225	-	-	С*	С*	-	-	-		-
ВТ-301	-	-	-	-	Н	-	-	-	-

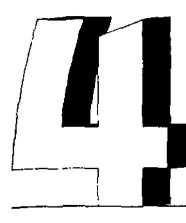
Принятые сокращения: С — масла совместимы, при замене масла промывка смазочной системы заменяемым маслом не требуется; срок эксплуатации смеси масел определяется наименьшим сроком эксплуатации одного из компонентов (до первой замены);

С* — масла смешиваются, но эксплуатационные свойства смеси хуже свойств каждого из смешиваемых масел; при замене требуется однократная промывка маслосистемы заменяемым маслом;

Н — масла несовместимы, при замене масла требуется двукратная промывка маслосистемы заменяемым маслом;

Прочерк означает, что смеси не исследовались.

Примечание. Минеральное масло МН-7,5у совместимо с маслосмесями.



ТРАНСМИССИОННЫЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАСЛА

Трансмиссионные масла

Трансмиссионные масла предназначены для применения в узлах трения агрегатов трансмиссий легковых и грузовых автомобилей, автобусов, тракторов, тепловозов, дорожно-строительных и других машин, а также в различных зубчатых редукторах и червячных передачах промышленного оборудования.

Трансмиссионные масла представляют собой базовые масла, легированные различными функциональными присадками.

В качестве базовых компонентов используют минеральные, частично или полностью синтетические масла.

Общие требования

В агрегатах трансмиссий смазочное масло является неотъемлемым элементом конструкции. Способность масла выполнять и длительно сохранять функции конструкционного материала определяется его эксплуатационными свойствами. Общие требования к трансмиссионным маслам определяются конструкционными особенностями, назначением и условиями эксплуатации агрегата трансмиссии.

Трансмиссионные масла работают в режимах высоких скоростей скольжения, давлений и широком диапазоне температур. Их пусковые свойства и длительная работоспособность должны обеспечиваться в интервале температур от -60 до +150 °С. Поэтому к трансмиссионным маслам предъявляют довольно жесткие требования.

Основные функции трансмиссионных масел:

предохранение поверхностей трения от износа, заедания, питтинга и других повреждений;

снижение до минимума потерь энергии на трение;

отвод тепла от поверхностей трения;

снижение шума и вибрации зубчатых колес, уменьшение ударных нагрузок.

Масла не должны быть токсичными.

Для обеспечения надежной и длительной работы агрегатов трансмиссий смазочные масла должны обладать определенными характеристиками:

иметь достаточные противозадирные, противоизносные и противопиттинговые свойства;

обладать высокой антиокислительной стабильностью;

иметь хорошие вязкостно-температурные свойства;

не оказывать коррозионного воздействия на детали трансмиссии;

иметь хорошие защитные свойства при контакте с водой;

обладать достаточной совместимостью с резиновыми уплотнениями;

иметь хорошие антипенные свойства;

иметь высокую физическую стабильность в условиях длительного хранения.

Все эти свойства трансмиссионного масла могут быть обеспечены путем введения в состав базового масла соответствующих функциональных присадок: депрессорной, противозадирной, противоизносной, антиокислительной, антикоррозионной, противоржавейной, антипенной и др.

Важнейшие свойства трансмиссионных масел

Смазывающая способность. Главной функцией трансмиссионного масла является снижение износа и предотвращение задира. Это свойство называют *смазывающей способностью масла.* Смазывающая способность масла возрастает по мере увеличения вязкости (рис. 4.1).

В режиме гидродинамического трения смазывающая способность обеспечивается вязкостью базового масла (т.е. толщиной масляной пленки). Однако гидродинамический режим трения может возникнуть только на периферии контакта зубчатых передач. Непосредственно в зоне контакта наблюдаются режимы смешанного и граничного трения.

В режиме граничного трения, возникающего в трансмиссии под воздействием высоких температур и нагрузок, защита от износа и задира обеспечивается при помощи противозадирных и противоизносных присадок, в качестве которых обычно используют серу-фосфор-борсодержащие вещества.

В режиме граничного трения пленка смазочного материала становится очень тонкой, при этом в точках микроконтактов зубчатых колес возникают очень высокие температуры, которые в десятитысячные доли секунды достигают и превосходят температуру плавления металла. При этом активные элементы противозадирных и противоизносных присадок вступают в химическое взаимодействие с металлом, образуя модифицированные слои (так называемые «эвтектические смеси») с более низким напряжением сдвига, чем у металлов. Эти модифицированные слои представляют собой сульфиды, оксиды, фосфаты или фосфиды железа (в зависимости от присадки, входящей в состав масла). Модифицированная пленка образуется мгновенно и предотвращает задир зубчатых колес. Далее, под воздействием сил, возникающих в агрегате трансмиссии, эта пленка может быть подвергнута частичному сдвигу. При этом в точке контакта зубьев колес снова происходит быстрое повышение температуры, которое вызывает повторение реакции и повторное образование пленки. И так далее.

Так, вкратце, выглядит механизм действия противозадирных и противоизносных присадок, входящих в состав трансмиссионного масла.

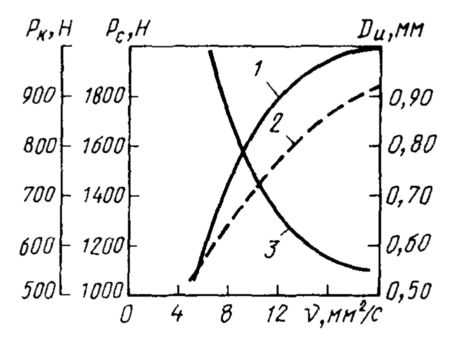


Рис. 4.1. Зависимость смазывающих свойств масла от кинематической вязкости ν при 100 °С:
1 — критическая нагрузка $P_к$; *2* — нагрузка сваривания $P_с$; *3* — диаметр пятна износа $D_и$

Вязкость масла в этих условиях не имеет такого принципиального значения, как при режиме контактно-гидродинамического смазывания. Однако в очень тонком слое масла малой вязкости может содержаться недостаточное количество противозадирной присадки, вследствие чего возникает опасность непосредственного контакта металлических поверхностей. Поэтому при создании маловязких трансмиссионных масел их противозадирный потенциал повышают увеличением концентрации серу-фосфорсодержащих присадок в 1,5 раза.

Вязкость и потери энергии на трение. Вязкостно-температурные свойства трансмиссионного масла имеют большое значение для его эксплуатационной характеристики. От вязкости зависят потери мощности на трение, а также способность масла удерживаться в смазываемом узле.

Между вязкостью и потерями мощности в агрегатах трансмиссии автомобиля существует прямая связь. Чем меньше вязкость масла, тем меньше потери энергии на внутреннее трение, тем больше КПД трансмиссии.

Общие потери энергии в трансмиссии значительны. Если 25 % полезной мощности автомобиля поступает от двигателя к трансмиссии, то в общей системе агрегатов трансмиссии вследствие собственных потерь эта мощность, передаваемая колесам, снижается уже до 12 %.

Поэтому для обеспечения снижения расхода топлива понятно стремление разработчиков к созданию масла минимальной вязкости. Однако с уменьшением вязкости масла существует опасность увеличения задира, истирания и питтинга. Кроме этого, уменьшение вязкости масла ниже определенного уровня может привести к повышению его расхода из-за несовершенства уплотнений или недостаточной герметичности трансмиссии. В связи с этим к маслу при его разработке предъявляют противоречивые требования. Для обеспечения холодного пуска трансмиссии при возможно низких температурах и минимуме потерь на преодоление трения в передачах вязкость масла должна быть минимальной, а для обеспечения высокой несущей способности масляной пленки и для снижения утечек через уплотнения — максимальной. Однако по мере совершенствования конструкций агрегатов трансмиссий, повышения интенсивности их работы доминирующими режимами работы узлов становятся граничное и смешанное трение, при которых вязкость масла теряет свое прежнее значение, а первостепенное значение приобретает введение в масло эффективных функциональных присадок,

благодаря которым осуществляется защита поверхностей трения от задира и износа. Улучшение материалов уплотнений также позволяет использовать маловязкие масла в агрегатах трансмиссий.

Таким образом, при сочетании хороших низкотемпературных свойств и минимально допустимой вязкости при рабочей температуре трансмиссионного масла достигается заметная экономия топлива особенно в период пуска и разогрева автомобиля.

Возможности снижения расхода топлива при применении энергосберегающих сортов трансмиссионных масел значительно ниже, чем при применении маловязких моторных масел. Однако в масштабах транспортного парка экономия топлива может быть достаточно велика. Годовая экономия топлива в результате применения трансмиссионных масел пониженной вязкости может составить 2—3 %. В отдельных случаях (при работе транспорта в городских условиях, на коротких дистанциях и при холодном запуске) этот показатель может возрасти до 5—6 %.

Термоокислительная стабильность. Трансмиссионные масла в процессе работы в зубчатых передачах вследствие трения интенсивно разогреваются. Повышенная температура в сочетании с активным действием кислорода воздуха и каталитическим действием металлических поверхностей приводит к усиленному окислению масла, образованию в нем нерастворимых веществ, выпадающих в осадок.

В результате окисления масла изменяются его физико-химические и эксплуатационные свойства: увеличивается вязкость, возрастает коррозионная агрессивность, ухудшаются противозадирные свойства. Скорость и глубина окисления масла зависят от длительности окисления, температуры масла, каталитического действия металла, концентрации кислорода. Наибольший ускоряющий эффект на окисление масла оказывает его температура. Состав базового масла также оказывает влияние на окисляемость трансмиссионного масла. Так, при уменьшении в основе содержания остаточного компонента наблюдается пропорциональное увеличение термоокислительной стабильности масла.

При работе смазочного масла в трансмиссии окисляются все его компоненты, в том числе и содержащиеся в нем присадки. При этом эксплуатационные свойства масла ухудшаются. Особенно опасно уменьшение содержания в масле противозадирной присадки, что может привести к выходу механизма из строя. Для замедления процесса окисления в трансмиссионные масла вводят антиокислительные присадки.

Антиокислители уменьшают степень окисления масла, вступая в реакцию со свободными радикалами и гидроперекисями, образуя

неактивные вещества, растворимые в масле, или разлагая эти материалы, образуя менее реакционноспособные продукты.

Антикоррозионные свойства. В агрегатах трансмиссии автомобилей используют детали, изготовленные из алюминия, меди и их сплавов, свинца, стали, различных сплавов, содержащих олово. Детали из цветных металлов относительно легко подвергаются коррозии в результате их химического взаимодействия с кислыми продуктами, которые образуются в процессе окисления масла. Чем сильнее окисляется масло, тем интенсивнее оно корродирует металл. Следовательно, коррозионная агрессивность масла зависит от тех же факторов, что и его окисление. Коррозия поверхности металла увеличивается также в присутствии воды.

Для защиты деталей из цветных металлов от воздействия кислых продуктов в трансмиссионное масло вводят ингибиторы коррозии. Эти присадки или тормозят процесс окисления, снижая в масле концентрацию агрессивных элементов, или нейтрализуют образовавшиеся в масле кислые продукты, или образуют на поверхности металла плотную защитную пленку, которая предотвращает прямой контакт с ним агрессивных продуктов. Такая пленка одновременно пассивирует металл, предупреждая его каталитическое воздействие на окисление масла. Поэтому большинство ингибиторов коррозии являются также дезактиваторами металла.

Защитные свойства. Во время эксплуатации автомобиля смазочное масло может обводняться. Это происходит вследствие поступления воды через зазоры в уплотнениях и вследствие конденсации паров воды из воздуха. Часто в воде содержатся неорганические соли и коррозионно-агрессивные компоненты. Все это создает условия для появления электрохимической коррозии, поскольку вода играет роль проводящего ток электролита.

Электрохимическую коррозию частично устраняют введением в состав масла защитных присадок, называемых противоржавейными. Механизм действия защитных присадок сводится к вытеснению влаги и других электролитов с поверхности металла и образованию на нем прочной адсорбционной пленки, предотвращающей контакт металла с агрессивной средой. Таким образом, эта пленка, в отличие от пленки, образованной антикоррозионными присадками, устойчива к действию не только органических кислот, но и воды.

Стойкость к пенообразованию. В процессе работы зубчатых передач смазочное масло подвергается интенсивному перемешиванию, вследствие

чего в него попадает воздух и образуется пена. Стойкость масел к вспениванию в значительной степени зависит от углеводородного состава масла, способа и глубины его очистки, природы функциональных присадок, давления и температуры.

В нафтеновых маслах растворимость воздуха больше, чем в парафиновых. Растворимость воздуха в масле снижается с уменьшением температуры и давления. При повышении температуры процесс образования пены интенсифицируется, причем тем эффективнее, чем меньше вязкость масла.

Загрязняющие примеси и в некоторых случаях функциональные присадки увеличивают поверхностное натяжение пленки, повышая степень устойчивости пены, в результате чего зубчатые колеса смазываются только масловоздушной смесью, что приводит к отказам зубатых передач через короткий период времени.

Основное назначение антипенных присадок — предупреждение образования стабильной пены в работающем агрегате. Антипенные присадки вызывают уменьшение поверхностного натяжения пленок, разделяющих мелкие пузырьки воздуха. Вследствие этого пузырьки объединяются в более крупные, легко разрываются, и пена гасится.

Классификация трансмиссионных масел

Многообразие вырабатываемых трансмиссионных масел, предназначенных для разнообразной техники, вызвало необходимость разработки и использования классификаций масел, которые позволяют правильно решить вопрос выбора сорта масла для данной конструкции трансмиссии.

Отечественная классификация трансмиссионных масел отражена в ГОСТ 17479.2–85.

В зависимости от уровня кинематической вязкости при 100 °С трансмиссионные масла разделяют на четыре класса (табл. 4.1).

4.1. Классы трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2–85

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	Температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 Па·с, °С, не выше
9	6,00-10,99	-35
12	11,00-13,99	-26
18	14,00-24,99	-18
34	25,00-41,00	-

В соответствии с классом вязкости ограничены допустимые пределы кинематической вязкости при 100 °С и отрицательная температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 Па·с. Эта вязкость считается предельной, так как при ней еще обеспечивается надежная работа агрегатов трансмиссий.

В зависимости от эксплуатационных свойств и возможных областей применения масла для трансмиссий автомобилей, тракторов и другой мобильной техники отнесены к пяти группам: ТМ-1 — ТМ-5, указанным в табл. 4.2.

Группу масел устанавливают по результатам оценки их свойств по ГОСТ 9490–75 (табл. 4.3) при разработке новых трансмиссионных масел и постановке их на производство, а также при периодических испытаниях товарных масел 1 раз в 2 года.

По классификации ГОСТ 17479.2–85 масла маркируют по уровню напряженности работы трансмиссии и классу вязкости. Например, в маркировке масла ТМ-5-18 ТМ означает начальные буквы русских слов «трансмиссионное масло», первая цифра — группа масла по эксплуатационным свойствам, вторая цифра — класс вязкости масла.

4.2. Группы трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85

Группа масел по эксплуатационным свойствам	Состав масел	Рекомендуемая область применения
1	Минеральные масла без присадок	Цилиндрические, конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях от 900 до 1600 МПа и температуре масла в объеме до 90 °С
2	Минеральные масла с противоизносными присадками	То же, при контактных напряжениях до 2100 МПа и температуре масла в объеме до 130 °С
3	Минеральные масла с противозадирными присадками умеренной эффективности	Цилиндрические, конические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2500 МПа и температуре масла в объеме до 150 °С
4	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности	Цилиндрические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла в объеме до 150 °С
5	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия, а также универсальные масла	Гипоидные передачи, работающие с ударными нагрузками при контактных напряжениях выше 3000 МПа и температуре масла в объеме до 150 °С

4.3. Эксплуатационные группы трансмиссионных масел

Определяемое свойство	Группа масла			
	1, 2	3	4	5
Предельная нагрузочная способность по нагрузке сваривания (P_c), Н, не менее	2700	2760	3000	3280
Противоизносное свойство по показателю износа $Д_и$ при осевой нагрузке 392 Н при (20±5) °С в течение 1 ч, мм, не более	0,5	-	-	0,4

До введения ГОСТ 17479.2–85 на классификацию и систему обозначений трансмиссионных масел маркировка масел в нормативно-технической документации была другой. Обозначение трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2–85 и соответствие их ранее принятым маркам преведены в табл. 4.4.

4.4. Соответствие обозначений трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85 принятым в нормативно-технической документации

Обозначение масла по ГОСТ 17479.2-85	Принятое обозначение масла	Нормативно-техническая документация
ТМ-1-18	ТС-14,5	ТУ 38.101110-81
ТМ-1-18	АК-15	ТУ 38.001280-76
ТМ-2-9	ТСп-10ЭФО	ТУ 38.101701-77
ТМ-2-18	ТЭп-15	ГОСТ 23652-79
ТМ-2-34	ТС	ТУ 38.1011332-90
ТМ-3-9	ТСзп-8	ТУ 38.1011280-89
ТМ-3-9	ТСп-10	ТУ 38.401809-90
ТМ-3-18	ТСп-15К, ТАп-15В	ГОСТ 23652-79
ТМ-5-9	ТСз-9гип	ТУ 38.1011238-89
ТМ-5-18	ТСп-14гип, ТАД-17и	ГОСТ 23652-79
ТМ-5-34	ТСгип	ОСТ 38.01260-82
ТМ-5-12з(рк)	ТМ5-12рк	ТУ 38.101844-80

Для решения вопроса взаимозаменяемости отечественных и зарубежных масел дано примерное соответствие классов вязкости и эксплуатационных групп трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2–85 классам вязкости по классификации SAE и группам по классификации API (табл. 4.5).

Ассортимент трансмиссионных масел

Трансмиссионные масла без присадок в последние годы производят и применяют чрезвычайно редко (для устаревших видов техники), и

13 — 1890

4.5. Соответствие* классов вязкости и групп трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85 классификациям SAE J306C и API

Класс вязкости по ГОСТ 17479.2-85	Класс вязкости по SAE J306C	Группа по ГОСТ 17479.2-85	Группа по API
9	75W	ТМ-1	GL-1
12	80W/85W	ТМ-2	GL-2
18	90	ТМ-3	GL-3
34	140	ТМ-4	GL-4
		ТМ-5	GL-5

* Приблизительное соответствие. Для полного соответствия необходимо проведение целого комплекса испытаний по определенным методикам.

выработку таких масел осуществляют по специальным заказам покупателей. Так, на некоторых нефтеперерабатывающих заводах продолжается выпуск вязкого остатка от прямой перегонки нефти: нафтенового основания. Продукт реализуют под старым торговым названием Нигрол. Выпускают 2 вида Нигрола — зимний и летний, различающиеся между собой уровнем вязкости и температурами вспышки и застывания.

Рассматривая рыночный ассортимент трансмиссионых масел сегодняшнего дня, следует, прежде всего, отметить его заметное сокращение. Так, совершенно перестали вырабатывать старые, хорошо известные масла АК-15, ТС-14,5, сократились объемы производства ранее широко используемых масел ТАп-15В, ТЭп-15 и др. Объясняется это значительным сокращением в эксплуатации старых автомобилей, тракторов, экскаваторов и других видов транспортных, строительных и сельскохозяйственных технических средств.

В то же время нельзя не заметить появления на нефтяном рынке страны различных зарубежных трансмиссионных масел аналогичного назначения, которые в ряде случаев успешно конкурируют с маслами отечественного производства.

Тем не менее, ряд маловязких, низкозастывающих масел специального назначения продолжают вырабатывать и успешно реализуют в сложных условиях современного рынка.

Трасмиссионные масла класса вязкости 9 (табл. 4.6)

Моторно-трансмиссионное масло МТ-8п (ТУ 38.101277—85) — масло селективной очистки из восточных сернистых нефтей, содержит

4.6. Характеристики трансмиссионных мвсел класса вязкости 9

Показатели	ТСзп-8	ТСз-9гип	ТСп-10	МТ-8п
Вязкость:				
кинематическая, мм²/с, при 100 °С, не менее	7,5-8,5	9,0	10,0	8,0-9,0
динамическая, Па·с, при -45 (-35) °С, не более	-	150	(300)	-
Индекс вязкости, не менее	140	140	90	90
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	164	160	128	180
застывания, не выше	-50	-50	-40	-30
Массовая доля, %:				
механических примесей, не более	0,025	0,05	0,02	0,015
воды	Следы			
серы (хлора), не менее	0,7	(2,8)	1,6	-
фосфора, не менее	0,08	-	-	-
Кислотное число, мг КОН/г, не более	-	1,0	-	0.01
Испытание на коррозию пластинок из стали и меди	Выдерживает			
Смазывающие свойства на ЧШМ:				
индекс задира, Н, не менее	392	490	470	343
показатель износа при 20 °С, 1 ч, и нагрузке 392 Н, мм, не более	0,50	0,90	-	-
нагрузка сваривания, Н, не менее	2764	3283	3479	-
критическая нагрузка, Н, не менее	823	1235	-	-

Примечания. 1. Для масла ТСп-10 нормируется термоокислительная стабильность на приборе ДК-НАМИ при 140 °С, в течение 20 ч: изменение кинематической вязкости при 100 °С — не более 27 %, массовая доля осадка в петролейном эфире — не более 0,7 %.

2. Для масла МТ-8п нормируется: коррозия свинца C_1 или C_2 ≤ 5,0 г/м²; цвет (разбавление 15:85) ≤ 8,0 ед. ЦНТ; термоокислительная стабильность не менее 60 мин; моющие свойства по ПЗВ — не более 1,0 балла; коксуемость масла без присадок — не более 0,30 %; зольность масла с присадками — (0,4-0,75) % и без присадок — не более 0,005 %; щелочность — не менее 2,0 мг КОН/г.

композицию противоизносных, антикоррозионных, антиокислительных и моющих присадок, депрессатор температуры застывания и антипенную добавку. Масло применяют как трансмиссионное в планетарных передачах гусеничных машин, а также в системе гидроуправления некоторых специальных машин.

Масло ТСзп-8 (ТУ 38.1011280—89) — маловязкое, низкозастывающее, загущенное стойкой против деструкции вязкостной присадкой, содержит также противозадирную, противоизносную, антиокислительную и антипенную присадки. Масло предназначено для смазывания агрегатов трансмиссий, имеющих планетарные редукторы

коробок передач, и некоторых систем гидроуправления мобильных транспортных средств.

Масло ТСз-9гип (ТУ 38.1011238—89) — смесь высоковязкого и маловязкого низкозастывающего нефтяных масел, загущенная вязкостной полимерной присадкой, стойкой против деструкции. В состав масла входят противозадирная, антиокислительная, антикоррозионная, депрессорная и антипенная присадки. Масло работоспособно в широком интервале температур от -50 до +120 °С в различных автомобильных трансмиссиях, включая и гипоидные передачи.

Масло ТСп-10 (ГОСТ 23652—79) вырабатывают из малосернистых нефтей, при этом используют высоковязкий остаточный деасфальтированный компонент и маловязкий дистиллятный компонент с низкой температурой застывания. Кроме противозадирной присадки, масло содержит депрессорную присадку. Масло применяют всесезонно в Северных районах и как зимнее в средних климатических зонах для смазывания прямозубых, спирально-конических и червячных передач, работающих при контактных напряжениях до 1500—2000 МПа и температурах масла в объеме до 100—110 °С.

Трансмиссионные масла класса вязкости 18 (табл. 4.7)

Эти вязкие масла по объемам производства и потребления наиболее широко представлены в ассортименте трансмиссионных смазочных материалов. В основном, они представляют собой минеральные масла остаточного происхождения с композицией присадок.

Область применения охватывает все грузовые и легковые автомобили, тракторы, дорожно-строительные машины и другие виды мобильной техники, а также некоторые виды тяжелых редукторов промышленного оборудования. Эти масла, в основном, объединены ГОСТ 23652—79.

Масло ТЭп-15 (ГОСТ 23652—79) вырабатывают на базе ароматизированных остаточных продуктов и дистиллятных масел. Функциональные свойства масла улучшены благодаря введению противоизносной и депрессорной присадок. Применяют в качестве всесезонного трансмиссионного масла для тракторов и других сельскохозяйственных машин в районах с умеренным климатом. Рабочий температурный диапазон масла -20...+100 °С.

Масло ТСп-15К (ГОСТ 23652—79) — трансмиссионное масло, единое для коробки передач и главной передачи (двухступенчатый редуктор с цилиндрическими и спирально-коническими зубчатыми

4.7. Характеристики трансмиссионных масел класса вязкости 18

Показатели	ТЭп-15	ТСп-15К	ТАп-15В	ТСп-14гип	ТАД-17и
Вязкость:					
кинематическая, мм²/с, при температуре:					
50 °С	-	-	-	-	110-120
100 °С	15,0±1	15,0±1	15,0±1	≥14,0	≥17,5
динамическая, Па·с, при -15 (-20) °С, не более	200	75	180	(75)	-
Индекс вязкости, не менее	-	90	-	85	100
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не менее	185	185	185	215	200
застывания, не выше	-18	-25	-20	-25	-25
Массовая доля, %:					
механических примесей, не более	0,03	0,01	0,03	0,01	Отсутствие
воды		Следы		Отсутствие	Следы
фосфора, не менее	0,06	-	-	-	0,1
серы	≤3,0	-	-	-	1,9-2,3
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	-	Отсутствие	-	-
Испытание на коррозию пластинок в течение 3 ч:					
из стали и меди при 100 °С			Выдерживает		
из меди при 120 °С, баллы, не более	-	2с	-	-	2с
Зольность, %	≥0,3	-	-	-	≤0,3
Кислотное число, мг КОН/г, не более	-	-	-	-	2,0
Стабильность на приборе ДК-НАМИ (140 °С, 20 ч):					
изменение кинематической вязкости при 100 °С, %, не более	25,0	7,0	-	-	-
осадок в петролейном эфире, %, не более	0,7	0,05	-	-	-
Склонность к пенообразованию, см³, не более, при температуре:					
24 °С	-	300	-	500	100
94 °С	-	50	-	450	50
24 °С после испытания при 94 °С	-	300	-	550	100
Смазывающие свойства на ЧШМ:					
индекс задира, Н, не менее	-	539	490	588	568
нагрузка сваривания, Н, не менее	-	3479	3283	3920	3687

4.7. Характеристики трансмиссионных масел класса вязкости 18 (продолжение)

Показатели	ТЭп-15	ТСп-15К	ТАп-15В	ТСп-14гип	ТАД-17и
показатель износа при осевой нагрузке 392 Н, (20±5)°С, 1 ч, мм, не более	0,55	0,50	-	-	0,40
Цвет, ед. ЦНТ, не более	-	-	-	6,0	5,0
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	950	910	930	910	907

Примечание. Для масла ТАД-17и нормируют: термоокислительная стабильность на шестеренной машине при 155 °С в течение 50 ч: изменение кинематической вязкости при 50 °С — не более 100 %; осадки в петролейном эфире и бензине — не более 3 и 2 % соответственно; изменение объема акрилатной резины марки 2801 и нитрильной марки 57 — 5025 в пределах +10...-2 % и ±8 % соответственно; коксуемость ≤1,0 %.

колесами) автомобилей КАМАЗ и других грузовых автомобилей. Представляет собой остаточное масло с небольшой добавкой дистиллятного и композицией присадок, улучшающих противозадирные, противоизносные, низкотемпературные и антипенные свойства. Работоспособно длительно при температурах -20...+130 °С.

Масло ТАп-15В (ГОСТ 23652—79) — смесь высоковязкого ароматизированного продукта с дистиллятным маслом и композицией присадок, улучшающих противозадирные и низкотемпературные свойства. Применяют в трансмиссиях грузовых автомобилей и для смазывания прямозубых, спирально-конических и червячных передач, в которых контактные напряжения достигают 2000 МПа, а температура масла в объеме 130 °С. В средней климатической зоне используют всесезонно при температуре до -25 °С.

Масло ТСп-14гип (ГОСТ 23652—79) вырабатывают с композицией противозадирной, моющей и антипенной присадок. Предназначено для смазывания гипоидных передач грузовых автомобилей (в основном, семейства ГАЗ) и специальных машин в качестве всесезонного для умеренной климатической зоны. Диапазон рабочих температур масла -25...+130 °С.

Масло ТАД-17и (ГОСТ 23652—79) — универсальное минеральное. Содержит многофункциональную серу-фосфорсодержащую, депрессорную и антипенную присадки. Работоспособно до -25 °С; верхний предел длительной работоспособности 130—140 °С. Предназначено для смазывания всех типов передач, в том числе гипоидных, автомобилей и другой мобильной техники.

Многие НПЗ и российские фирмы помимо масел, выпускаемых по ГОСТам и общеотраслевым техническим условиям, вырабатывают трансмиссионные масла под своей торговой маркой по собственным техническим условиям. Разработка ТУ предприятия-изготовителя связана с тем, что масло не по всем показателям отвечает требованиям ГОСТов на масла аналогичного назначения. Однако изготовление трансмиссионного масла по ТУ возможно лишь в том случае, если на него в установленном порядке оформлен допуск к производству и применению.

В табл. 4.8 приведен перечень трансмиссионных масел с указанием их торговых марок, обозначений по ГОСТ 17479.2—85 и классификациям SAE и API, а также номера ГОСТов и технических условий, по которым эти масла изготовляют.

4.8. Перечень вырабатываемых трансмиссионных масел

Торговая марка	Обозначение			ТУ, ГОСТ
	по ГОСТ 17479.2-85	по SAE	по API	
ОАО «Омский НПЗ»				
Омскойл Супер Т	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	ТУ 38.301-19-62-95
Омскойл К	ТМ-3-18	80W-90	GL-3	ТУ 38.301-19-93-97
ТМ-5-9п	ТМ-5-9	75W-80	GL-5	ТУ 38.301-19-90-95
ОАО «Ангарская нефтехимическая компания»				
Ангрол Т	ТМ-3-18	80W-90	GL-3	ТУ 0253-269-05742746-94
Ангрол Супер Т	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	ТУ 0253-270-05742746-94
Ангрол Супер Т	ТМ-5-18	80W-90	GL-5	»
Ангрол Т	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	»
Ангрол Т	ТМ-5-18	80W-90	GL-5	»
ОАО «Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез»				
Яр-Марка Т	ТМ-3-18	80W-90	GL-3	ТУ 0253-269-05742746-94
Яр-Марка Супер Т	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	ТУ 0253-018-00219158-96
Яр-Марка Супер Э	ТМ-5-18	80W-90	GL-5	»
Яр-Марка ТГМ	ТМ-4-9/МГ-68-В*	75W	GL-4	ТУ 38.301-25-20-95
ОАО «Славнефть — Ярославский НПЗ им. Д.И.Менделеева (Русойл)»				
ТАп-15В	ТМ-3-18	90	GL-3	ГОСТ 23652-79
ТСп-10	ТМ-3-9	80W	GL-3	»
ТСп-15К	ТМ-3-18	85W-90	GL-3	»
ОАО «Ново-Уфимский НПЗ»				
Новойл Супер Т	ТМ-5-18	80W-90	GL-5	ТУ 38.301.04-13-96
ОАО «Уфанефтехим»				
Уфалюб Унитранс	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	ТУ 0253-001-11493112-93

4.8. Перечень вырабатываемых трансмиссионных масел (продолжение)

Торговая марка	Обозначение			ТУ, ГОСТ
	по ГОСТ 17479.2-85	по SAE	по API	
ДАО «Лукойл-Волгограднефтепереработка»**				
ТАп-15В	ТМ-3-18	90	GL-3	ГОСТ 23652-79
ТЭп-15	ТМ-2-18	90	GL-2	ГОСТ 23652-79
Волнез Супер Т	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	ТУ 38.301-29-86-97
Волнез Т-1	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	ТУ 38.301-29-75-94
Волнез Т-2	ТМ-3-18	80W-90	GL-3	ТУ 38.301-29-83-97
«ЛУКойл-Пермнефтеоргсинтез»**				
ВЕЛС ТМ	ТМ-5-18	80W-90	GL-5	ТУ 38.401-58-70-93
ВЕЛС ТМ	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	ТУ 38.401-58-70-93
ВЕЛС Транс	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	ТУ 0253-071-00148636-95
ВЕЛС Транс-5	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	»
ВЕЛС Транс-3	ТМ-3-18	85W-90	GL-3	»
АО «НОРСИ»				
ТЭп-15	ТМ-2-18	90	GL-2	ГОСТ 23652-79
НОРСИ	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	ТУ 38.601-0719-93
НОРСИ	ТМ-5-18	80W-90	GL-5	ТУ 38.601-0719-93
НОРСИ ТРАНС-80	ТМ-5-18	80W-90	GL-5	ТУ 38.601-0736-97
НОРСИ ТРАНС-85	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	ТУ 38.601-0736-97
АО «Пермский завод смазок и СОЖ»				
ТСзп-8	ТМ-3-9	75W-80	GL-3	ТУ 38.1011280-89
ТСз-9гип	ТМ-5-9	75W-80	GL-5	ТУ 38.1011238-89
ТЕМП-1	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	ТУ 38.4011062-97
АО «Рязанский НПЗ»				
Рексол Т Гипоид	ТМ-5-18	80W-90	GL-5	ТУ 38.301-41-150-93
Рексол Т Гипоид	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	ТУ 38.301-41-150-93
Рексол Т	ТМ-4-12	80W-85	GL-4	ТУ 38.301-41-164-96
ОАО «Новокуйбышевский НПЗ»				
Самойл 4402	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	ТУ 38.301-13-011-96
Самойл 4404	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	ТУ 38.301-13-012-97
Самойл 4405	ТМ-5-18	80W-90	GL-5	ТУ 38.301-13-012-97
АО ПГ «Спектр-Авто»				
Спектрол Форвард	ТМ-5-18	80W-90	GL-5	ТУ 0253-006-06913380-95
Спектрол Круиз	ТМ-5-18	85W-90	GL-5	ТУ 0253-006-06913380-95

* Обозначение единого трансмиссионно-гидравлического масла по ГОСТ 17479.2-85/ГОСТ 17479.3-85.

** Масла НК «ЛУКойл» в дальнейшем будут производиться под новыми торговыми марками.

Масла для гидромеханических передач

Масло в гидромеханической передаче (ГМП) выполняет четыре основные функции:

передает к механическому редуктору мощность, развиваемую двигателем;

смазывает узлы гидропередачи и является смазывающей и рабочей жидкостью системы автоматического управления;

служит рабочей средой во фрикционных муфтах и тормозах;

является охлаждающей средой в гидропередаче.

Вследствие этого к маслам для ГМП предъявляются весьма сложные и в значительной мере противоречивые требования. Прежде всего это касается вязкостных, фрикционных, противоизносных и антиокислительных свойств масла. При определении норм по вязкости исходят из необходимости обеспечения возможно меньших потерь мощности в гидропередаче и прокачивания масла через малые диаметры трубок гидравлической системы автоматического управления. В то же время масло должно быть достаточно вязким, чтобы обеспечить смазывание рабочих поверхностей зубьев колес и подшипников, а также исключить значительные потери на испаряемость и утечки через уплотнения.

Высокое значение вязкости масла при отрицательных температурах затрудняет нормальную работу гидравлической системы управления при запуске техники в холодное время года.

Характеристики фрикционных свойств — коэффициенты статического и динамического трения, от которых зависит эффективность работы фрикционных дисков сцепления, являются наиболее важными.

Плохие фрикционные свойства масла в моменты переключения скоростей могут привести к проскальзыванию, в то время как смазочный слой должен обеспечивать контакт дисков с относительно высоким коэффициентом трения. Но такое масло вызывает значительные потери энергии на преодоление трения в других узлах.

Другим противоречием при формировании состава масла является наличие противоизносной присадки, во многих случаях понижающей коэффициент трения. Поэтому в некоторых спецификациях на масла для гидромеханических передач подчеркивается наличие или отсутствие модификаторов трения.

Условия работы гидромуфты и гидротрансформатора, высокие скорости потоков масла — до 100 м/с с целью повышения КПД и

обеспечения возможной работы при низких температурах обусловливают минимальную вязкость масла, хотя при этом необходимо подбирать специальные сальники и другие уплотнители. Применение масел с пониженной вязкостью в ГМП и ведущих мостах с блокировкой дифференциала некоторых конструкций автомобилей может привести к возникновению шума. Эта опасность, как правило, устраняется правильным подбором масла и введением в него присадок, улучшающих смазывающую способность.

Наряду с этим масла для гидромеханических передач должны обладать хорошими антикоррозионными и антипенными свойствами, совмещаться с различными уплотнительными материалами. Такие свойства обеспечиваются применением маловязких низкозастывающих хорошо очищенных нефтяных или синтетических базовых масел и комплекса сложных функциональных присадок. Среди последних особо следует отметить фрикционную, влияющую на наиболее критические параметры масла — коэффициенты статического и динамического трения, а также продолжительность включения передачи.

Несмотря на антиокислительный потенциал, придаваемый маслу присадками, в нем при постоянном воздействии повышенных рабочих температур со временем начинают накапливаться продукты разложения (старения). Отлагаясь на фрикционных дисках сцепления, они могут вызывать их «засаливание». Во избежание этого во многие масла для гидромеханических коробок передач наряду с перечисленными выше присадками вводят дополнительно детергентно-диспергирующие (моющие) присадки. В результате тонкого диспергирования продуктов окисления масла по мере их образования эти присадки препятствуют агрегированию частичек и отложению их на поверхностях трения.

Масла для гидромеханических передач вырабатывают на базе маловязких фракций сернистых парафинистых нефтей посредством их селективной очистки, глубокой депарафинизации и загущают вязкостными полимерными присадками, которые в значительной мере улучшают их вязкостно-температурные характеристики.

Выпускают три марки таких масел (табл. 4.9).

Масло марки «А» (ТУ 38.1011282–89) — глубокоочищенный дистиллят селективной очистки, загущенный вязкостной полимерной присадкой. В состав масла входят антиокислительная, противоизносная, моюще-диспергирующая и антипенная присадки. Масло предназначено для всесезонной эксплуатации в гиротрансформаторах и автоматических коробках передач автомобилей при температуре окружающей среды до

4.9. Характеристики масел для гидромеханических передач

Показатели	А	Р	МГТ
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:			
100 °С	≥6,5	≤5,0	
40 °С	30-45	17-22	6-7
-20 °С, не более	2100	1300	-
Динамическая вязкость при -50 °С, Па·с, не более	-	-	40
Индекс вязкости, не менее	-	-	175
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	175	163	160
застывания, не выше	-40	-45	-55
Массовая доля, %:			
механических примесей, не более	0,01	0,01	0,01
воды	Отсутствие		
водорастворимых кислот и щелочей	Допускается щелочная реакция		
цинка, не менее	0,08	0,08	-
кальция, не менее	0,16	0,16	-
Испытание на коррозию, баллы	Выдерживает		≤2а
Стабильность в приборе ДК-НАМИ:			
осадок после разбавления масла растворителем, % (мас. доля), не более	0,07	0,03	0,07
Зольность, %, не менее	0,60	0,60	-
Смазывающие свойства на ЧШМ (по ГОСТ 9490—75):			
индекс задира, Н, не менее	-	-	392
показатель износа при осевой нагрузке 392,4 Н, мм, не более	-	-	0,5
Склонность к пенообразованию, см³, не более, при температуре:			
24 °С	150	150	100
94 °С	150	150	100
24 °С после испытания при 94 °С	150	150	100
Воздействие на резину марки УИМ-1 [72 ч, 125 °С (130 °С)], %:			
изменение объема	-	-	0-8
изменение массы	(≤5,0)	(≤5,0)	0-7

-30...-35 °С. Масло используют также и в качестве зимнего в гидростатических приводах самоходной сельскохозяйственной и другой техники.

Масло марки «Р» (ТУ 38.1011282–89) — хорошо очищенное дистиллятное масло с добавлением присадок, улучшающих антиокислительные, противоизносные, моюще-диспергирующие и антипенные свойства. Используют в системах гидроусиления руля и гидрообъемных передачах.

Масло МГТ (ТУ 38.1011103–87) — дистиллятное масло глубокой селективной очистки и глубокой депарафинизации, загущенное полимерной присадкой, с добавлением присадок, которые обеспечивают высокий уровень антиокислительных, противоизносных, антифрикционных, противокоррозионных и антипенных свойств. Масло предназначено для эксплуатации в гидромеханических коробках передач и гидросистемах навесного оборудования при температуре окружающей среды от +50 до -50 °С.

Осевые масла

Осевые масла — неочищенные прямогонные продукты нефтепереработки, используемые в качестве смазочных материалов.

Основная областъ применения — подвижной состав железнодорожного транспорта, где их используют для смазывания шеек осей колесных пар вагонов, тепловозов с подшипниками трения скольжения.

Иногда применяют для смазывания узлов трения и некоторых малонагруженных зубчатых редукторов промышленного оборудования. Осевые масла выпускают трех марок по ГОСТ 610–72: Л — для летнего применения, З — для зимнего применения и С — для применения в особо холодных регионах (северных) (табл. 4.10).

Осевые масла вырабатывают из малосернистых нафтеновых и нафтено-парафиновых нефтей, причем зимнее и северное, как правило, представляют собой дистиллятные фракции, а летнее — смесь дистиллятных фракций с остатком от прямой перегонки нефти.

4.10. Характеристики осевых масел

Показатели	Л	З	С
Вязкость:			
кинематическая при 50 °С, мм²/с	42-60	≥22	12-14
динамическая (при температуре, °С), Па·с, не более	15 (-10)	60 (-30)	0,2 (0); 250 (-50)
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	135	125	125
застывания, не выше	-	-40	-55
Массовая доля, %:			
водорастворимых кислот и щелочей		Отсутствие	
механических примесей, не более	0,07	0,05	0,04
воды, не более	Следы	0,3	0,1

Основные показатели качества осевых масел — вязкость и температура застывания, что обусловлено спецификой их применения: подача к узлам трения (к шейкам осей) осуществляется по волокнам подбивочных концов или фитилей.

Применение значительного количества осевых масел в современных условиях ни экономически, ни экологически нельзя считать оправданным. Надо полагать, что по мере более широкой замены в железнодорожной подвижной технике подшипников скольжения на подшипники качения значительно снизится большой расход этого типа нефтепродуктов.

Кроме того, в последнее время разработаны и внедряются в производство новые всесезонные осевые масла, одно из которых вырабатывается по ТУ 38.301.04-21–96.

Гидравлические масла

Общие требования и свойства

Гидравлические масла (рабочие жидкости для гидравлических систем) разделяют на нефтяные, синтетические и водно-гликолевые. По назначению их делят в соответствии с областью применения:

для летательных аппаратов, мобильной наземной, речной и морской техники;

для гидротормозных и амортизаторных устройств различных машин;

для гидроприводов, гидропередач и циркуляционных масляных систем различных агрегатов, машин и механизмов, составляющих оборудование промышленных предприятий.

В данной главе рассмотрены рабочие жидкости для гидросистем мобильной техники, обозначенные ГОСТ 17479.3–85 как гидравлические масла, а также некоторые наиболее распространенные гидротормозные и амортизаторные жидкости на нефтяной и синтетической основах.

Основная функция рабочих жидкостей (жидких сред) для гидравлических систем — передача механической энергии от ее источника к месту использования с изменением значения или направления приложенной силы.

Гидравлический привод не может действовать без жидкой рабочей среды, являющейся необходимым конструкционным элементом любой

гидравлической системы. В постоянном совершенствовании конструкций гидроприводов отмечаются следующие тенденции:

повышение рабочих давлений и связанное с этим расширение верхних температурных пределов эксплуатации рабочих жидкостей;

уменьшение общей массы привода или увеличение отношения передаваемой мощности к массе, что обусловливает более интенсивную эксплуатацию рабочей жидкости;

уменьшение рабочих зазоров между деталями рабочего органа (выходной и приемной полостей гидросистемы), что ужесточает требования к чистоте рабочей жидкости (или ее фильтруемости при наличии фильтров в гидросистемах).

С целью удовлетворения требований, продиктованных указанными тенденциями развития гидроприводов, современные рабочие жидкости (гидравлические масла) для них должны обладать определенными характеристиками:

иметь оптимальный уровень вязкости и хорошие вязкостно-температурные свойства в широком диапазоне температур, т.е. высокий индекс вязкости;

отличаться высоким антиокислительным потенциалом, а также термической и химической стабильностью, обеспечивающими длительную бессменную работу жидкости в гидросистеме;

защищать детали гидропривода от коррозии;

обладать хорошей фильтруемостью;

иметь необходимые деаэрирующие, деэмульгирующие и антипенные свойства;

предохранять детали гидросистемы от износа;

быть совместимыми с материалами гидросистемы.

Большинство массовых сортов гидравлических масел вырабатывают на основе хорошо очищенных базовых масел, получаемых из рядовых нефтяных фракций с использованием современных технологических процессов экстракционной и гидрокаталитической очистки.

Физико-химические и эксплуатационные свойства современных гидравлических масел значительно улучшаются при введении в них функциональных присадок — антиокислительных, антикоррозионных, противоизносных, антипенных и др.

Вязкостные и низкотемпературные свойства определяют температурный диапазон эксплуатации гидросистем и оказывают решающее влияние на выходные характеристики гидропривода. При выборе

вязкости гидравлического масла важно знать тип насоса. Изготовители насоса, как правило, рекомендут для него пределы вязкости: максимальный, минимальный и оптимальный. Максимальная — это наибольшая вязкость, при которой насос в состоянии прокачивать масло. Она зависит от мощности насоса, диаметра и протяженности трубопровода. Минимальная — это та вязкость при рабочей температуре, при которой гидросистема работает достаточно надежно. Если вязкость уменьшается ниже допустимой, растут объемные потери (утечки) в насосе и клапанах, соответственно падает мощность и ухудшаются условия смазывания. Пониженная вязкость гидравлического масла вызывает наиболее интенсивное проявление усталостных видов изнашивания контактирующих деталей гидросистемы. Повышенная вязкость значительно увеличивает механические потери привода, затрудняет относительное перемещение деталей насоса и клапанов, делает невозможной работу гидросистем в условиях пониженных температур.

Вязкость масла непосредственно связана с температурой кипения масляной фракции, ее средней молекулярной массой, с групповым химическим составом и строением углеводородов. Указанными факторами определяется абсолютная вязкость масла, а также его вязкостно-температурные свойства, т.е. изменение вязкости с изменением температуры. Последнее характеризуется **индексом вязкости** масла.

Для улучшения вязкостно-температурных свойств применяют вязкостные (загущающие) присадки — полимерные соединения. В составе товарных гидравлических масел в качестве загущающих присадок используют полиметакрилаты, полиизобутилены и продукты полимеризации винил-бутилового эфира (винипол).

Антиокислительная и химическая стабильности характеризуют стойкость масла к окислению в процессе эксплуатации под воздействием температуры, усиленного барботажа масла воздухом при работе насоса. Окисление масла приводит к изменению его вязкости (как правило, к повышению) и к накоплению в нем продуктов окисления, образующих осадки и лаковые отложения на поверхностях деталей гидросистемы, что затрудняет ее работу.

Повышения антиокислительных свойств гидравлических масел достигают путем введения антиокислительных присадок обычно фенольного и аминного типов.

В гидросистемах машин и механизмов присутствуют детали из разных металлов: разных марок стали, алюминия, бронзы, которые могут подвергаться **коррозионно-химическому изнашиванию.** Коррозия

металлов может быть электрохимической, возникающей обычно в присутствии воды, и химической, протекающей под воздействием химически агрессивных сред (кислых соединений, образующихся в процессе окисления масла) и под воздействием химически-активных продуктов расщепления присадок при повышенных контактных температурах поверхностей трения. Устранению коррозии металлов способствуют вводимые в масло присадки — ингибиторы окисления, препятствующие образованию кислых соединений, и специальные антикоррозионные добавки.

Стремление к улучшению **противоизносных свойств** гидравлических масел вызвано включением в новые конструкции гидравлических систем интенсифицированных гидравлических насосов. Наибольшее распространение в качестве присадок, обеспечивающих достаточный уровень противоизносных свойств гидравлических масел, наибольшее распространение получили диалкилдитиофосфаты металлов (в основном цинка) или беззольные (аминные соли и сложные эфиры дитиофосфорной кислоты).

К гидравлическим маслам предъявляют достаточно жесткие требования по нейтральности их по отношению к длительно контактирующим с ними материалам. Учитывая, что рабочие температуры масла в современных гидропередачах достаточно высоки и резиновые уплотнения могут быстро разрушаться, в гидравлических маслах недопустимо высокое содержание ароматических углеводородов, проявляющих наибольшую агрессивность по отношению к резинам. Содержание ароматических углеводородов характеризуется показателем «анилиновая точка» базового масла.

При работе циркулирующих гидравлических масел недопустимо **пенообразование**. Оно нарушает подачу масла к узлу трения и, насыщая масло воздухом, интенсифицирует его окисление, ухудшая отвод тепла от рабочих поверхностей, вызывает кавитационные повреждения деталей, перегрев гидропривода и его повышенный износ. Для обеспечения хороших антипенных свойств масла преимущественное значение имеет полнота удаления из базового масла поверхностно-активных смолистых веществ. Чтобы предотвратить образование пены или ускорить ее разрушение, в масло вводят антипенную присадку (например, полиметилсилоксан), которая снижает поверхностное натяжение на границе раздела жидкости и воздуха, что приводит к ускоренному разрушению пузырьков пены.

В составе гидравлических масел крайне нежелательно наличие **механических примесей и воды.** Вследствие весьма малых зазоров рабочих пар гидросистем (особенно, оснащенных аксиально-поршневыми механизмами) наличие загрязнений может привести не только к износу элементов гидрооборудования, но и к заклиниванию деталей. Для очистки рабочей жидкости от загрязнений в гидросистемах применяют фильтры различных типов. Даже незначительное количество (0,05–0,1 %) воды отрицательно влияет на работу гидросистем. Вода, попадающая в гидросистему с маслом или в процессе эксплуатации, ускоряет процесс окисления масла, вызывает гидролиз гидролитически неустойчивых компонентов масла (в частности, присадок — солей металлов). Продукты гидролиза присадок вызывают электрохимическую коррозию металлов гидросистемы. Вода способствует образованию шлама неорганического и органического происхождения, который забивает фильтр и зазоры оборудования, тем самым нарушая работу гидросистемы.

К некоторым маслам предъявляют специфические, дополнительные требования. Так, масла, загущенные полимерными присадками, должны обладать достаточно высокой стойкостью к механической и термической деструкции; для масел, эксплуатируемых в гидросистемах речной и морской техники, особенно важна влагостойкость присадок и малая эмульгируемоость.

В некоторых специфических областях применения, таких, как горнодобывающая и сталелитейная промышленности, в отдельную группу выделились огнестойкие рабочие жидкости на водной основе (эмульсии «масло в воде», «вода в масле», водно-гликолевые смеси и др.) и жидкости, не содержащие воды (сложные эфиры фосфорной кислоты, олигоорганосилоксаны, фторированные углеводороды и др.).

Система обозначения гидравлических масел

Принятая в мире классификация минеральных гидравлических масел основана на их вязкости и наличии присадок, обеспечивающих необходимый уровень эксплуатационных свойств.

В соответствии с ГОСТ 17479.3–85 («Масла гидравлические. Классификация и обозначение») обозначение отечественных гидравлических масел состоит из групп знаков, первая из которых обозначается буквами «МГ» (минеральное гидравлическое), вторая — цифрами и характеризует класс кинематической вязкости, третья — буквами и указывает на принадлежность масла к группе по эксплуатационным свойствам.

14 — 1890

4.11. Классы вязкости гидравлических масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 40 °С, мм²/с	Класс вязкости	Кинематическвя вязкость при 40 °С, мм²/с
5	4,14-5,06	32	28,80-35,20
7	6,12-7,48	46	41,40-50,60
10	9,00-11,00	68	61.20-74,80
15	13,50-16.50	100	90,00-110.00
22	19,80-24,20	150	135,00— 165,00

По ГОСТ 17479.3—85 (аналогично международному стандарту ISO 3448) гидравлические масла по значению вязкости при 40 °С делятся на 10 классов (табл. 4.11).

В зависимости от эксплуатационных свойств и состава (наличия соответствующих функциональных присадок) гидравлические масла делят на группы А, Б и В.

Группа А (группа НН по ISO) — нефтяные масла без присадок. применяемые в малонагруженных гидросистемах с шестеренными или поршневыми насосами, работающими при давлении до 15 МПа и максимальной температуре масла в объеме до 80 °С.

Группа Б (группа HL по ISO) — масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками. Предназначены для средненапряженных гидросистем с различными насосами, работающими при давлениях до 2,5 МПа и температуре масла в объеме свыше 80 °С.

Группа В (группа НМ по ISO) — хорошо очищенные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками. Предназначены для гидросистем, работающих при давлении свыше 25 МПа и температуре масла в объеме свыше 90 °С.

В масла всех указанных групп могут быть введены загущающие (вязкостные) и антипенные присадки.

Загущенные вязкостными полимерными присадками гидравлические масла соответствуют группе HV по ISO 6743/4.

В табл. 4.12 приведено обозначение гидравлических масел существующего ассортимента в соответстствии с классификацией по ГОСТ 17479.3—85.

В табл. 4.12 кроме чисто гидравлических масел включены масла марок «А», «Р», МГТ, отнесенные к категории трансмиссионных масел для гидромеханических передач. Однако благодаря высокому индексу вязкости, хорошим низкотемпературным и эксплуатационным

4.12. Обозначение товарных гидравлических масел

Обозначение масла по ГОСТ 17479.3–85	Товарная марка	Обозначение масла по ГОСТ 17479.3–85	Товарная марка
МГ-5-Б	МГЕ-4А, ЛЗ-МГ-2	МГ-22-В	«Р»
МГ-7-Б	МГ-7-Б, РМ	МГ-32-А	«ЭШ»
МГ-10-Б	МГ-10-Б, РМЦ	МГ-32-В	«А», МГТ
МГ-15-Б	АМГ-10	МГ-46-В	МГЕ-46В
МГ-15-В	МГЕ-10А, ВМГЗ	МГ-68-В	МГ-8А-(М8-А)
МГ-22-А	АУ	МГ-100-Б	ГЖД-14с
МГ-22-Б	АУП		

свойствам и из-за отсутствия гидравлических масел такого уровня вязкости они также используются в гидрообъемных передачах и гидросистемах навесного оборудования наземной техники.

Некоторые давно разработанные и выпускаемые гидравлические масла по значению вязкости нестрого соответствуют классу по классификации, обозначенной ГОСТ 17479.3—85, а занимают промежуточное положение. Например, масло ГТ-50, имеющее вязкость при 40 °С 17—18 мм²/с, находится в ряду классификации между 15 и 22 классами вязкости.

По вязкостным свойствам гидравлические масла условно делятся на следующие:

маловязкие — классы вязкости с 5 по 15;
средневязкие — классы вязкости 22 и 32;
вязкие — классы вязкости с 46 по 150.

Ассортимент гидравлических масел

Маловязкие гидравлические масла (табл. 4.13 и 4.14)

Масло гидравлическое МГЕ-4А (ОСТ 38 01281—82) — глубокоочищенная легкая фракция, получаемая гидрокрекингом из смеси парафинистых нефтей, загущенная вязкостной присадкой. Содержит ингибиторы окисления и коррозии. Обладает исключительно хорошими низкотемпературными свойствами.

Масло МГЕ-10А (ОСТ 38 01281—82) — глубокодеароматизированная низкозастывающая фракция, получаемая из продуктов гидрокрекинга смеси парафинистых нефтей. Содержит загущающую, антиокислительную, антикоррозионную и противоизносную присадки. Масло предназначено для работы в диапазоне температур от -(60—65) до +(70—75) °С.

4.13. Характеристики низкозастывающих маловязких гидравлических масел

Показатели	ЛЗ-МГ-2	МГЕ-4А	РМ	РМЦ	МГ-7-Б	МГ-10-Б
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:						
50 °C	≥4,0	≥3,6	3,8-4,2	≥8,3	≥3,4	≥8,3
-40 °C	-	-	≤350	≤915	≤350	≤915
-50 °C	≤210	≤300	-	-	-	-
Температура, °C:						
вспышки в закрытом (открытом) тигле, не ниже	(92)	(94)	125	125	120	120
застывания, не выше	-70	-70	-60	-60	-60	-60
помутнения, не выше	-	-	-50	-50	-50	-50
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,03	0,4-0,7	0,02	0,02	0,02	0,02
Содержание, %: водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	-	Отсутствие			
Плотность при 20 °C, кг/м³, не более	840	-	845	845	845	845
Стабильность против окисления, показатели после окисления:						
массовая доля осадка, %, не более	0,04	Отсутствие	0,05	0,05	0,05	0,05
кислотное число (изменение кислотного числа), мг КОН/г, не более	0,2	(0,15)	0,09	0,09	0,09	0,09

Примечание. Для всех масел содержание воды и механических примесей — отсутствие.

Масло АМГ-10 (ГОСТ 6794–75) — для гидросистем авиационной и наземной техники, работающей в интервале температур окружающей среды от -60 до +55 °C. Вырабатывается на основе глубокодеароматизированной низкозастывающей фракции, получаемой из продуктов гидрокрекинга смеси парафинистых нефтей и состоящей из нафтеновых и изопарафиновых углеводородов. Содержит загущающую и антиокислительную присадки, а также специальный отличительный органический краситель.

Масло ЛЗ-МГ-2 (ТУ 38.101328–81) получают вторичной перегонкой очищенной керосиновой фракции из нефтей нафтенового основания. Содержит загущающую и антиокислительную присадки. Благодаря отличным низкотемпературным характеристикам используется в гидросистемах, обеспечивает быстрый запуск техники и работу при температурах до -60...-65 °C.

4.14. Характеристики низкозастывающих гидравлических масел МГЕ-10А, ВМГЗ, АМГ-10

Показатели	МГЕ-10А	ВМГЗ	АМГ-10
Внешний вид	Прозрачная жидкость светло-коричневого цвета	-	Прозрачная жидкость красного цвета
Цвет, ед. ЦНТ, не более	-	1,0	-
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:			
50 °C, не менее	10,0	10,0	10,0
-40 °C, не более	-	1500	-
-50 °C, не более	1500	-	1250
Температура, °C:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	96	135	93
застывания, не выше	-70	-60	-70
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,4-0,7	-	≤0,03
Стабильность против окисления, показатели после окисления:			
кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:			
50 °C, не менее	-	-	9,8
-50 °C, не более	-	-	1500
кислотное число, мг КОН/г, не более	-	-	0,08
изменение кислотного числа, мг КОН/г, не более	0,15	-	-
массовая доля осадка, %, не более	Отсутствие	0,05	Отсутствие
Изменение массы резины марки УИМ-1 после испытания в масле, %	5,5-7,5	4-7,5	-
Индекс вязкости, не менее	-	160	-
Плотность при 20 °C, кг/м³, не более	860	865	850

Примечание. Для всех масел содержание механических примесей и воды — отсутствие.

Масла РМ, РМЦ (ГОСТ 15819–85) — дистиллятные масла, получаемые из нафтеновых нефтей, обладают улучшенными смазывающими свойствами. Применяют в автономных гидроприводах специального назначения, эксплуатируемых при температуре окружающей среды от -40 до +55 °C.

Масло МГ-7-Б (ТУ 38.401-58-101–92) — дистиллятное масло из продуктов гидрокрекинга смеси парафинистых сернистых нефтей, получаемое при вакуумной разгонке основы АМГ-10 и содержащее антиокислительную присадку.

Масло МГ-10-Б (ТУ 38.401-58-101–92) — дистиллятное масло из продуктов гидрокрекинга смеси парафинистых сернистых нефтей, получаемое из узкой фракции основы АМГ-10. Содержит вязкостную и антиокислительную присадки.

Масла МГ-7-Б и МГ-10-Б применяют в качестве низкозастывающих рабочих жидкостей и как заменители масел РМ и РМЦ.

Масло гидравлическое ВМГЗ (ТУ 38.101479–86) — маловязкая низкозастывающая минеральная основа, вырабатываемая посредством гидрокаталитического процесса, загущенная полиметакрилатной присадкой. Содержит присадки: противоизносную, антиокислительную, антипенную. Масло предназначено для систем гидропривода и гидроуправления строительных, дорожных, лесозаготовительных, подъемно-транспортных и других машин, работающих на открытом воздухе при температурах в рабочем объеме масла от -40 до +50 °С в зависимости от типа гидронасоса. Для северных регионов рекомендуется как всесезонное, а для средней географической зоны — как зимнее.

Кроме перечисленных гидравлических масел осваивается производство масел МГБ-10 и МГБ-15 (ТУ 0253-002-05766528–97).

Средневязкие гидравлические масла (табл. 4.15)

Масло веретенное АУ (ТУ 38.1011232–89) получают из малосернистых и сернистых парафинистых нефтей с использованием процессов глубокой селективной очистки фенолом и глубокой депарафинизации. Содержит антиокислительную присадку. Масло обеспечивает работу гидроприводов в диапазоне температур от -(30–35) до +(90–100) °С.

Масло гидравлическое АУП (ТУ 38.1011258–89) получают добавлением в веретенное масло АУ антиокислительной и антикоррозионной присадок. Предназначено для гидрообъемных передач наземной и морской специальной техники. Работоспособно при температуре окружающей среды от +80 до -40 °С.

Благодаря наличию антикоррозионной присадки масло надежно предохраняет от коррозии (в том числе во влажной среде) черные и цветные металлы.

Масло ЭШ для гидросистем высоконагруженных механизмов (ГОСТ 10363–78) представляет собой средневязкий дистиллят, в который после глубокой селективной очистки и глубокой депарафинизации вводят полимерную загущающую и депрессорную присадки. Масло предназначено для гидросистем управления высоконагруженных

4.15. Характеристики средневязких гидравлических масел

Показатели	АУ из нефтей			АУП	ГТ-50	ЭШ
	беспарафиновых	малосернистых	сернистых			
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:						
50 °С	-	-	-	-	11-15	\ 20
40 °С	16-22	16-22	16-22	16-22	-	-
-40 °С, не более	30000	14000	13000	-	-	-
Индекс вязкости, не менее	-	-	-	-	-	135
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,07	0,07	0,05	0,45-1,0	3,5	0,1
Температура, °С:						
вспышки в открытом тигле, не менее	163	165	165	145	165	160
застывания, не выше	-45	-45	-45	-45	-28	-50*
Массовая доля, %:						
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие			-	Отсутствие	
серы, не более	-	0,3	1,0	-	-	-
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,5	2,5	2,5	-	3.5	4,0
Плотность при 20 °С, кг/м³	884-894	890	890	-	≥850	850-880

* Для умеренной, теплой, влажной и жаркой климатических зон допускается вырабатывать масло ЭШ с температурой застывания не выше -45 °С.

Примечание. Для всех масел массовая доля воды и механических примесей — отсутствие.

механизмов (шагающих экскаваторов и других аналогичных машин). Работоспособно в интервале температур от -40 до +(80–100) °С.

Масло ГТ-50 для гидродинамических передач тепловозов (ТУ 0253-011-39247202–96) — маловязкое минеральное масло глубокой селективной очистки, содержащее композицию присадок, улучшающих антиокислительные, противоизносные, антикоррозионные и антипенные свойства. Применяют для смазывания турборедуктора гидропередачи дизель-поездов. Масло обладает хорошей смазочной способностью, высокой термоокислительной стабильностью и стабильностью вязкости.

Масло «Ангрол МГ-32АС» (ТУ 0253-277-05742746–94) вырабатывают на базе гидрированного полимеризата с вязкостью 6,2 мм²/с при 100 °С с добавлением полимерной (загущающей и депрессорной), антиокислительной, противоизносной, диспергирующей и антипенной

присадок. Требования по нормам показателей физико-химических и эксплуатационных свойств практически идентичны требованиям ГОСТ 10363—78 на масло ЭШ аналогичного назначения. В сравнении с маслом ЭШ масло «Ангрол МГ-32АС» обладает более низкой температурой застывания и более высоким потенциалом антиокислительных и противоизносных свойств. Масло разработано для гидросистем шагающих экскаваторов, эксплуатируемых в районах Восточной Сибири.

Вязкие гидравлические масла (табл. 4.16)

Масло МГЕ-46В (ТУ 38 001347—83) для гидрообъемных передач вырабатывают на базе индустриальных масел с антиокислительной, противоизносной, депрессорной и антипенной присадками. Масло обладает высокой стабильностью эксплуатационных (вязкостных, противоизносных, антиокислительных) свойств, не агрессивно по отношению к материалам, применяемым в гидроприводе. Предназначено

4.16. Характеристики вязких гидраалических масел МГЕ-46В, МГ-8А и ГЖД-14с

Показатели	МГЕ-46В	МГ-8А	ГЖД-14с
Кинематическая вязкость, $мм^2/с$, при температуре:			
100 °С, не менее	6,0	7,5-8,5	13
50 °С	-	-	82-91
40 °С	41,4-50,6	57,0-74,8	-
0 °С, не более	1000	-	-
Индекс вязкости, не менее	90	85	-
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	190	200	190
застывания, не выше	-32	-25	-
Кислотное число, мг КОН/г	0,7-1,5	-	-
Массовая доля:			
механических примесей, %, не более	Отсутствие	0,015	0,02
воды	Отсутствие	Следы	
Испытание на коррозию металлов	Выдерживает		
Плотность при 20 °С, $кг/м^3$, не более	890	900	-
Стабильность против окисления:			
осадок, %, не более	0,05	-	-
изменение кислотного числа, мг КОН/г масла, не более	0,15	-	-
Трибологические характеристики на ЧШМТ:			
показатель износа при осевой нагрузке 196 Н, мм, не более	0,45	-	-

для гидравлических систем (гидростатического привода) сельскохозяйственной и другой техники, работающей при давлении до 35 МПа с кратковременным повышением до 42 МПа. Работоспособно в диапазоне температур от -10 до +80 °С. Ресурс работы в гидроприводах с аксиально-поршневыми машинами достигает 2500 ч.

Масло МГ-8А (ТУ 38.1011135—87) представляет собой смесь дистиллятного и остаточного компонентов с добавлением депрессорной, антипенной и многокомпонентной (улучшающей антиокислительные, антикоррозионные и диспергирующие характеристики) присадок. Обладает достаточно высоким уровнем противоизносных свойств. Применяют в гидравлических системах навесного оборудования и рулевого управления тракторов, самоходных сельскохозяйственных машин и самосвальных автомобилей. Ранее масло такого состава выпускали по ГОСТ 10541—78 под маркой моторного масла М-8А для карбюраторных двигателей.

Гидравлическая жидкость ГЖД-14с (ТУ 38.101252—78) — смесь глубокоочищенных остаточного и дистиллятного компонентов из сернистых нефтей. Для улучшения эксплуатационных свойств в масло вводят антиокислительную, антикоррозионную и антипенную присадки. Применяют в основных гидравлических системах винтов регулируемого шага судов.

Синтетические и полусинтетические гидравлические масла (табл. 4.17 и 4.18)

Наряду с широко распространенными рабочими жидкостями на нефтяной основе все большее применение находят синтетические и полусинтетические продукты*, выгодно отличающиеся от нефтяных по комплексу эксплуатационных свойств, а также огнестойкостью и большей пожаробезопасностью. Такие рабочие жидкости используют в авиационной технике, в гидравлических приводах шахтного оборудования, в гидравлических системах «горячих» цехов металлургических заводов и ряде других областей.

Масла 132-10 и 132-10Д (ГОСТ 18613—88) — полусинтетические гидравлические жидкости — представляют собой смесь полиэтилсилоксановой жидкости и нефтяного маловязкого низкозастывающего масла

* **Негорючие** теплоносители и гидравлические жидкости: Свойства, коррозия, технология/Под ред. А.М.Сухотина. Л.: Химия, 1979. 360 с.

4.17. Характеристики гидравлических жидкостей

Показатели	132-10 132-10Д	7-50С-3	НГЖ-4у	НГЖ-5у
Внешний вид	Прозрачная жидкость			
Цвет	Желтый		От фиолетового до синего	
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:				
200 °С, не менее	-	1,3	-	-
20 °С	20-33	≥22	-	-
50 °С, не менее	10	-	8,7	8,5
-55 °С, не более	1100	4200 (-60°С)	3900	4200 (-60°С)
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	130	200	165	155
застывания, не выше	-70	-70	-65	-65
Массовая доля, %:				
механических примесей	Отсутствие	≤0,002	Отсутствие	
воды	Отсутствие		≤0,1	≤0,1
водорастворимых кислот и щелочей	-	Отсутствие		
Плотность при 20 °С, кг/м³	-	930-940	1020	1060-1080
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	0,1	0,08	0,08
Чистота жидкости по ГОСТ 17216	-	-	Не грубее 10 класса	
Удельная электрическая проводимость, мк См/м, не менее	-	-	40	40

Примечания. 1. Для масла 132-10Д нормируют электрофизические показатели при 15-35 °С и относительной влажности 45-75 %: удельное объемное электрическое сопротивление не менее $5{,}0 \cdot 10^{12}$ Ом·см, тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 3 МГц не менее 0,001; диэлектрическая проницаемость при 3 МГц не более 3,0.

2. Термоокислительную стабильность и коррозионную активность жидкости 7-50С-3 оценивают при 200 °С (30 ч), жидкости НГЖ-4у — при 125 °С (100 ч), а жидкости НГЖ-5у — при 150 °С (100 ч). Показатели после окисления:

Показатели	7-50с-3	НГЖ-4у	НГЖ-5у
Кинематическая вязкость, мм²/с, не более, при температуре:			
20 °С	26	-	-
50 °С	-	10,5	10,5
200 °С	1,5	-	-
-60 °С	4500	4500 (-55°С)	5000
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,8	0,10	0,15
Коррозия поверхности металлов, г/м², не более	±1,0	±1,0	±1,0

4.18. Характеристики рабочих жидкостей для микрокриогенной техники

Показатели	СМ-028	ВРЖ-1-1
Внешний вид	Прозрачная жидкость	
Цвет	Желто-коричневый с красно-фиолетовым оттенком	Коричневый
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:		
100 (200) °С, не менее	11,0	(2,5)
20 °С	≥190,0	≤55,0
-40 (-50) °С	-	Не нормируется. Определение обязательно
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	230	250
застывания, не выше	-32	-80
Массовая доля:		
воды, %, не более	0,05	Отсутствие
водорастворимых кислот и щелочей	-	Отсутствие
механических примесей	Отсутствие	
Щелочное (кислотное) число, мг КОН/г, не более	0,75	(0,15)
Испаряемость (200 °С в течение 20 ч при барботаже азота), %, не более	-	1
Коррозионная стойкость металлов, г/м², не более*	1,0	1,0

* Испытуемый металл: сплав Д-16, БрАЖ9-4, медь М1, сталь 30ХГСА. Условия испытания: 150 °С, 10 ч в среде СМ-028; 200 °С, 100 ч в среде ВРЖ-1-1.

МВП. Указанные жидкости выпускают под индексом ВПС. Масло 132-10 предназначено для работы в гидравлических системах в интервале температур от -70 до +100 °С, масло 132-10Д — для работы в электрически изолированных системах также в том же интервале температур.

Рабочая жидкость 7-50С-3 (ГОСТ 20734–75) — синтетическая жидкость, применяют в гидравлических агрегатах и гидравлических системах летательных аппаратов в диапазоне температур от -60 до +175 °С длительно, с перегревами до 200 °С; рабочие давления до 21 МПа. Жидкость изготавливают из смеси полисилоксановой жидкости и органического эфира с добавлением противоизносной присадки и ингибиторов окисления.

Рабочая жидкость НГЖ-4у (ТУ 38.101740—80, изменения №№ 4—6) — синтетическая взрывопожаробезопасная жидкость на основе эфиров фосфорной кислоты. Была создана взамен ранее широко применявшейся в авиации жидкости НГЖ-4, вызывавшей эрозию клапанов гидросистем и, как следствие этого, утечку жидкости. Жидкость НГЖ-4у является эрозионностойкой, содержит присадки, улучшающие ее вязкостные, антиэрозионные, антиокислительные свойства. Работоспособна в интервале температур от -55 до 125 °С при рабочих давлениях до 21 МПа. Имеет температуру самовоспламенения 650—670 °С, медленно горит в пламени, но не поддерживает горение и не распространяет пламя в отличие от нефтяных жидкостей типа АМГ-10. Является хорошим пластификатором и растворителем для многих неметаллических материалов, поэтому при использовании последних в контакте с жидкостью НГЖ-4у следует тщательно проверять их совместимость или пользоваться только теми материалами, которые специально подобраны и рекомендованы для жидкостей типа НГЖ

Рабочая жидкость НГЖ-5у (ТУ 38.401-58-57—93) — синтетическая взрывопожаробезопасная, эрозионностойкая жидкость на основе смеси эфиров фосфорной кислоты, содержащая пакет присадок, улучшающих вязкостные, антигидролизные, антиокислительные, антикоррозионные и антиэрозионные свойства.

Используют в гидросистемах самолетов ИЛ-86, ИЛ-96, ТУ-204 и др. Температурный интервал использования жидкости НГЖ-5у составляет -60...+150 °С при номинальных давлениях до 21 МПа.

Жидкость имеет температуру самовоспламенения 595—630 °С, медленно горит в пламени, не поддерживает горения и не распространяет пламя. Жидкость НГЖ-5у полностью совмещается с жидкостями НГЖ-4 и НГЖ-4у.

Жидкость СМ-028 (ТУ 38.1011056—86) используют в микрокриогенных системах и установках. Представляет собой высококипящую жидкость полигликолевого типа с антиокислительной присадкой. Температура воспламенения по нижнему пределу — 290 °С, по верхнему пределу — 310 °С. Температурный интервал использования жидкости СМ-028 — -40...+150 °С.

Рабочая жидкость ВРЖ-1-1 (ТУ 38.101923—82) — синтетическая высококипящая жидкость на основе полиорганосилоксанов с антиокислительной присадкой. Предназначена для работы в изделиях микрокриогенной техники в диапазоне температур -40...+180 °С. Отличается

хорошей вязкостно-температурной кривой, низкой испаряемостью и хорошими антикоррозионными свойствами.

Тормозные и амортизаторные жидкости

Тормозные и амортизаторные жидкости являются особой группой жидких рабочих сред для гидравлических систем. Первые из них используют в качестве рабочей жидкости гидропривода тормозной системы автомобиля, вторые — в качестве жидкой среды в телескопических и рычажно-кулачковых амортизаторах автомобилей, а также в телескопических стойках.

Тормозные жидкости

Основное назначение тормозной жидкости — передача энергии от главного тормозного цилиндра к колесным цилиндрам, которые прижимают тормозные накладки к тормозным дискам или барабанам.

Рабочее давление в гидроприводе тормозов достигает 10 МПа, а температура тормозной жидкости в дисковых тормозах поднимается до 150—190 °С. В результате постоянных колебаний температуры в тормозную систему через резиновые уплотнения проникает атмосферная влага. При этом тормозная жидкость «увлажняется», и, соответственно, снижается ее температура кипения.

Если в процессе эксплуатации температура кипения тормозной жидкости становится ниже 150 °С, то при высоких скоростях движения и интенсивных торможениях создается опасность ее «закипания». При этом в жидкости выделяются пузырьки газа и пара, образуя паровые пробки, что может привести к отказу тормозов и возможности аварии.

Температура кипения тормозной жидкости — важнейший паказатель, определяющий предельно допустимую рабочую температуру гидропривода тормозов.

При эксплуатации вследствие обводнения температура кипения тормозной жидкости неизбежно снижается, поэтому наряду с температурой кипения «сухой» тормозной жидкости определяют температуру кипения «увлажненной» жидкости, содержащей 3,5 % воды.

Температура кипения «увлажненной» жидкости косвенно характеризует температуру, при которой жидкость будет «закипать» через 1,5—2 гола ее работы в гидроприводе тормозов автомобиля.

В последние годы основным направлением в улучшении качества тормозных жидкостей являлось увеличение температуры кипения, осо-

бенно в «увлажненном» состоянии. Это следует из данных, приведенных в табл. 4.19.

Тормозные жидкости должны обладать хорошими вязкостно-температурными характеристиками, антикоррозионными, смазывающими свойствами, достаточной совместимостью с резиновыми уплотнениями, стабильностью при высоких и низких температурах.

Современные тормозные жидкости представляют собой смеси различных эфиров с низкомолекулярными полимерами с добавлением антикоррозионных и антиокислительных присадок.

Тормозная жидкость «Нева» (ТУ 6-01-1163—78) — композиция на основе этилкарбитола, содержит загущающую и антикоррозионные присадки. Работоспособна при температуре окружающего воздуха -40...+45 °С. Применяют в гидроприводе тормозов и сцеплений старых моделей грузовых и легковых автомобилей (выпуска до 1985 г.). Срок службы — не более одного года.

Тормозная жидкость «Томь» (ТУ 6-01-1276—82) разработана взамен жидкости «Нева». Композиция на основе этилкарбитола и борсодержащего полиэфира, содержит загущающую и антикоррозионную присадки. Имеет лучшие эксплуатационные свойства, чем «Нева», более высокую температуру кипения. Совместима с «Невой» при смешивании в любых соотношениях.

Работоспособна при температуре окружающего воздуха от -40 до +45 °С. Применяют в гидроприводе тормозов и сцеплений всех моделей грузовых и легковых автомобилей, за исключением переднеприводных автомобилей ВАЗ. Срок службы жидкости «Томь» — 2 года.

Тормозные жидкости «Роса ДОТ-4», «Роса-3» и «Роса» (ТУ 2451-004-10488057—94) — высокотемпературные жидкости, представляющие собой композиции на основе борсодержащего полиэфира, содержат антиокислительные и антикоррозионные присадки.

Жидкости «Роса» и «Роса-3» отличаются от жидкости «Роса ДОТ-4» наличием в составе различных пластификаторов, однако из-за

4.19. Температуры кипения «сухих» и «увлажненных» тормозных жидкостей

Марка жидкости	Температура кипения, «сухой» жидкости, °С	Температура кипения «увлажненной» жидкости, °С
«Нева»	195	138
«Томь» (ДОТ-3)	220	155
«Роса» (ДОТ-4)	260	165

отсутствия сырья эти марки практически не выпускают. Жидкости имеют высокие значения температуры кипения (260 °С) и температуры кипения «увлажненной» жидкости (165 °С). Работоспособны в диапазоне температур окружающего воздуха от -40 до +45 °С. Применяются в тормозных системах современных грузовых и легковых автомобилей, в том числе переднеприводных автомобилей ВАЗ.

Совместимы с тормозными жидкостями «Томь» и «Нева» в любых соотношениях. Срок службы — 3 года.

Тормозная жидкость БСК (ТУ 6-101533—75) — смесь равных частей касторового масла и бутанола. За счет органического красителя окрашена в оранжево-красный цвет. Работоспособна при температуре окружающего воздуха от -20 до +30 °С. Применяют в гидроприводе тормозов и сцеплений старых моделей грузовых и легковых автомобилей, за исключением автомобилей ВАЗ.

В табл. 4.20 приведены показатели основных марок жидкостей для тормозных систем автомобилей.

Для автомобилей, эксплуатируемых в районах Крайнего Севера, необходима специальная жидкость, у которой кинематическая вязкость при -55 °С должна быть не менее 1500 мм^2/с. Такая жидкость в России не вырабатывается, поэтому практикуется разбавление жидкостей «Нева» и «Томь» 18-20 % (мас. доля) этилового спирта. Такая смесь работоспособна до -60 °С, однако имеет низкую температуру кипения и не обеспечивает герметичности резиновых уплотнений. Поэтому разбавление жидкости спиртом — вынужденная мера, и по окончании зимней эксплуатации такую смесь следует заменить.

Зарубежными аналогами жидкостей «Нева» и «Томь» являются жидкости, соответствующие международной классификации ДОТ-3, которые имеют температуру кипения более 205 °С, а аналогами жидкости «Роса» — жидкости ДОТ-4 с температурой кипения более 230 °С.

Амортизаторные жидкости

Амортизаторы, установленные на автомобилях, предназначены для гашения колебаний кузова на упругих элементах подвески, они делают ход автомобиля плавным даже при движении по бездорожью. Амортизаторные жидкости являются рабочей средой в гидравлических амортизаторах рычажно-кулачкового и телескопического типа, а также в телескопических стойках.

4.20. Характеристики тормозных жидкостей

Показатели	«Нева»	«Томь»	«Роса», «Роса-3», «РосаДОТ-4»	БСК
Внешний вид	Прозрачная однородная жидкость от светло-желтого до темно-желтого цвета без осадка. Допускается слабая опалесценция			Прозрачная однородная жидкость оранжево-красного цвета
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:				
50 °С, не менее	5,0	5,0	5,0	9,0
100 °С, не менее	2,0	2,0	2,0	-
-40 °С, не более	1500	1500	1450	2500
Низкотемпературные свойства:				
внешний вид после выдержки (6 ч, -50 °С)	Прозрачная жидкость без расслоения и осадка			
Время прохождения пузырька воздуха через слой жидкости при опрокидывании сосуда, с, не более	35	35	8	-
Температура кипения, °С, не ниже	195	220	260	115
Температура кипения «увлажненной» жидкости, не менее	138	155	165	110
Содержание механических примесей, %	Отсутствие			
pH	7,0-11,5	7,0-11,5	7,5-9,0	≥6
Взаимодействие с металлами:				
изменение массы пластинок, мг/см², не более:				
белая жесть	0,1	0,1	0,1	0,2
сталь 10	0,1	0,1	0,1	0,2
алюминиевый сплав Д-16	0,1	0,1	0,1	0,1
чугун СЧ 18	0,1	0,08	0,1	0,2
латунь Л62	0,4	0,1	0,2	0,4
медь М1	0,4	0,2	0,2	0,4
Воздействие на резину, %:				
изменение объема резины марки 7-2462 при 70 °С	2-10	2-10	2-10	5-10
то же, марки 51-1524 при 120 °С	2-8	2-10	2-10	-
изменение предела прочности резины марки 51-1524, %, не более	20	18	25	-

Примечание. Жидкости «Нева», «Томь», «Роса» и ее модификации совместимы, их смешивание между собой возможно в любых соотношениях. Смешивание указанных жидкостей с БСК недопустимо.

Основным показателем амортизаторных жидкостей является кинематическая вязкость при положительных и отрицательных температурах. Так, при температуре -20 °С вязкость не должна превышать 800 мм²/с. При более высокой вязкости работа амортизаторов резко ухудшается и происходит блокировка подвески.

Амортизаторные жидкости должны обладать хорошими смазывающими свойствами, обеспечивая достаточную износостойкость амортизаторов, не должны быть склонны к пенообразованию, так как это снижает энергоемкость амортизатора и нарушает условия смазывания пар трения.

Также важными характеристиками амортизаторных жидкостей являются стабильность против окисления, механическая стабильность, испаряемость и совместимость с резиновыми уплотнениями.

Амортизаторные жидкости представляют собой маловязкую нефтяную основу, содержащую, как правило, вязкостную, депрессорную, антиокислительную, противоизносную, диспергирующую и антипенную присадки.

Выпускают несколько марок амортизаторных жидкостей: АЖ-12Т, ГРЖ-12 и МГП-12 (под торговой маркой «Славол-АЖ»).

Амортизаторная жидкость АЖ-12Т (ГОСТ 23008—78) — смесь нефтяного масла глубокой селективной очистки из сернистого сырья и полиэтилсилоксановой жидкости с противоизносной и антиокислительной присадками. Применяют в качестве рабочей жидкости в амортизаторах грузовых автомобилей и специальной техники.

Амортизаторная жидкость МГП-12 («Славол-АЖ») (ТУ 38.301-29-40—97) разработана взамен жидкости МГП-10 (ОСТ 38.1.54—74). Это маловязкая низкозастывающая нефтяная основа, в которую введены депрессорная, диспергирующая, противоизносная, антиокислительная и антипенная присадки.

Применяют в качестве рабочей жидкости в телескопических стойках и амортизаторах грузовых и легковых автомобилей.

Амортизаторная жидкость ГРЖ-12 (ТУ 0253-048-05767-924—96) — смесь очищенных трансформаторного и веретенного дистиллятов с добавлением депрессорной, антиокислительной, противоизносной и антипенной присадок.

Применяют в амортизаторах и телескопических стойках автомобильной техники.

В табл. 4.21 приведены показатели амортизаторных жидкостей.

15 — 1890

4.21. Характеристики амортизаторных жидкостей

Показатели	АЖ-12Т	МГП-12 («Слааол-АЖ»)	ГРЖ-12
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:			
40 °С, не менее	-	-	16-20
50 °С, не менее	12,0	12,0	-
100 °С, не менее	3.6	3.8	3,9
-20 °С, не более	-	800	800
-40 °С, не более	6500	-	-
Температура, °С:			
вспышки, не ниже	165	140	140
застывания, не выше	-52	-50	-50
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	-	917	917
Стабильность против окисления:			
осадок после окисления, %	Отсутствие	-	-
кислотное число до (после) окисления, мг КОН/г, не более	0,04 (0,1)	-	-
Содержание механических примесей и воды, %	-	Отсутствие	
Испытание на коррозию	Выдерживает		

Приборные масла

Масла, используемые для смазывания приборов и аппаратов, условно делят на четыре подгруппы:

1) общего назначения;

2) специального назначения на минеральной и синтетической основе;

3) масла на смешанной (синтетической и минеральной) основе:

4) часовые масла.

Изготовляют приборные масла на нефтяной основе и синтетические. В большинство приборных масел вводят присадки.

Масла общего назначения (*табл. 4.22*)

Масло МВП (ГОСТ 1805—76) — нефтяное масло серно-кислотной очистки, вырабатывают из низкозастывающих нефтяных фракций. Предназначено для смазывания контрольно-измерительных приборов, работающих при температурах -60...+110 °С, наполнения масляно-пневматических амортизаторов и при изготовлении смазок. Упаковывают, маркируют транспортируют и хранят масло по ГОСТ 1510—84.

Масло МЗ-52 (ГОСТ 21748—76) представляет собой головную фракцию при выработке основы масла АМГ-10. Используют в качестве

рабочей жидкости в спиральных потенциометрах типа ПСМ-18. Упаковывают, маркируют транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84.

Масло ВНИИНП-408 (ТУ 38.101700—77) — нефтяное глубокоочищенное масло из сернистых нефтей с присадками. Предназначено для высокопрецизионных шпинделей приборов, измеряющих округлость формы, и для других точных приборов. Упаковывают, маркируют транспортируют и хранят масло по ГОСТ 1510—84. Расфасовывают масло во флаконы вместимостью 10 мл с полиэтиленовой прокладкой и навинчивающейся крышкой. Масло, используемое в точных приборах, за исключением приборов, измеряющих округлость формы, допускается упаковывать в герметично закрывающиеся стеклянные бутыли вместимостью до 10 дм³.

Масло ПАРФ-1 для счетно-аналитических машин (ТУ 38.101635—76) — нефтяное глубокоочищенное с присадкой. Используют для контрольно-кассовых машин. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят в таре вместимостью 1-5 дм³.

Масла МАС-8Н, МАС-14Н, МАС-30НК (ГОСТ 21791—76) — синтетические масла, предназначенные для смазывания механизмов и приготовления пластичных смазок, а также для использования в качестве разделительных жидкостей. Работоспособны в контакте с некоторыми агрессивными средами в интервале температур -50...+50 °С. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84.

Масла специального назначения на синтетической или минеральной основе (*табл. 4.23*)

Масло МП-601 (ТУ 38.101 787—79) используют для шарикоподшипников микроэлектромашин и других приборов, работающих в температурном диапазоне -60...+180 °С при атмосферном давлении.

Масло МП-605 (ТУ 38.10178—80) предназначено для работы в шарикоподшипниках микроэлектродвигателей при температуре -60...+200 °С и остаточном давлении 666,5 Па.

Масло МП-609 (ТУ 38.10176—81) используют в микроэлектродвигателях, работающих при температуре -70...+100 °С и в подшипниках приборов с малым моментом сдвига (трогания) при низкой температуре.

Масло МП-610 (ТУ 38.101120-76) применяют для смазывания шарикоподшипников микромашин, работающих в интервале температур -60...+250 °С, атмосферном давлении и повышенном содержании кислорода.

4. 22. Характеристики приборных масел общего назначения

Показатели	Приборное МВП	МЗ-52	ВНИИНП-408	ПАРФ-1	МАС-8Н	МАС-14Н	МАС-30НК
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:							
50 (100) °С	6,5-8,0	-	-	16-24	(7,5-9,0)	(8-12)	(24-27)
20 (-20) °С	-	3,3	8-11,5	-	(≤4000)	(≤8000)	-
-40 °С	-	46,0	-	-	-	-	-
Индекс вязкости, не менее	-	-	-	-	115	112	112
Температура, °С:							
вспышки в открытом (закрытом) тигле, не ниже	(125)	(80)	107	175	225	(200)	285
застывания, не выше	-60	-	-55	-10	-55	-49	-41
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,03	0,03	0,2	0,15	0,03	Отсутствие	Отсутствие
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	-	Отсутствие	-	-	-	-
Коррозия, г/м²	-	-	Отсутствие	-	-	-	≤55
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,5	0,5	-	-	1,0	1,0	1,0
Плотность при 20 °С, кг/м³	900	815-830	-	850-870	835-845	840-850	850-855
Анилиновая точка, °С, не ниже	-	-	-	-	118	129	143
Зольность, %, не более	0,005	-	-	0,005	-	-	-

Примечание. Для всех масел содержание механических примесей и воды — отсутствие.

Масло ВНИИНП-6 (ТУ 38 001168–79) применяют для смазывания высокоскоростных и чувствительных шарикоподшипников при температуре -40...+100 °С, а также для снижения и стабилизации трения, антикоррозионной защиты в шарикоподшипниках, зубчатых передачах, кулачковых парах и других узлах скольжения, а также для посадочных и незащищенных поверхностей деталей в прецизионных приборах, заполненных воздухом или азотом.

Масло МП-715 (ТУ 38.101216–77) предназначено для смазывания прецизионных шарикоподшипников при температуре -40...+150 °С.

Масло МП-714 (ТУ 38.101610–81) используют для смазывания часовых механизмов и точных приборов, работающих в пределах температур -40...+150 °С.

Масло МП-625 (ТУ 38.1011190–88) предназначено для применения в узлах трения точных приборов. Масло отличается высокой трибохимической стабильностью и работоспособно в температурном интервале -80...+100 °С.

Масло МП-720А (перспективная марка) (ТУ 38.1011244–89) предназначено для работы в узлах трения точных приборов. Масло отличается высокой трибохимической стабильностью и работоспособностью при больших контактных давлениях и низких температурах (ниже -50 °С).

Масла МС-14Ф-0, МС-20Ф-0 (ТУ 38.1011000–84) применяют в приборах при температуре не выше 120 °С для МС-14Ф-0 и не выше 160 °С для МС-20Ф-0. Получают соответственно из масел МС-14 и МС-20 после дополнительной осушки и фильтрования. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510–84 в стеклянных бутылках вместимостью до 1 дм³ с притертой или навинчивающейся пробкой с внутренней прокладкой.

Масла МП-601, МП-605, МП-714, МП-715, МП-720А, МП-625 и ВНИИ НП-6 затаривают в бутылки из темного стекла.

Масло МП-704А (ТУ 38.4011065–98) взамен масла МП-704 применяют для смазывания чувствительных шарикоподшипников и узлов трения скольжения бытовых электроприборов. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510–84 в запаянных бидонах из белой жести и в бутылках из темного стекла вместимостью до 1 дм³.

Масло ВНИИНП-75 (ТУ 38.101943–83) предназначено для пропитки пористых подшипников микроэлектродвигателей. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510–84.

4.23. Характеристики приборных масел специального назначения

Показатели	МП-601	МП-605	МП-609	МП-610	ВНИИНП-6	МП-704А	МП-714	МП-715	МП-720А	МС 14Ф-0	МС 20Ф-0	ВНИИНП-75	МП-625
Цвет	От бесцветного до светло-желтого	От бесцветного до светло-желтого	От светло-коричневого до коричневого	Красно-коричневый	Желто-розовый с фиолетовым оттенком	От бесцветного до светло-желтого	От светло-желтого до светло-коричневого	Красно-коричневый	Желтый	-	-	От желтого до коричневого с флуоресценцией	От коричневого с зеленоватым оттенком до темно-коричневого
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:													
100 °С	9	14-20	4,5	30-50	3,1	-	8-14	4-6	3,0	14,0	20,5	4,3	25
50 °С	-	-	-		8,7	10	-	-	-	-	-	14,0	-
20 °С	40	65,0-85,0	17,0-27,0	110-170	-	-	240	58-63	35	-	-	-	200
-40 (-60) °С, не более	(3500)	(7000)	(450)	(4000)	1800	3600	-	18000	9000	-	-	10000	(20000)
Температура, °С:													
вспышки в открытом тигле, не ниже	-	-	-	-	215	150	-	-	-	-	-	230	-
застывания, не выше	-70	-70	-80*	-80*	-65	-50	-45	-45	-55	-30	-18	-60	-80
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0,02	0,1	0,01	0,4	0,25	0,03	0,20	0,3
Испаряемость, %, (температура, °С; время, ч), не более	20 (150; 100)	4 (200; 100)	5 (80; 100)	5 (200; 100)	-	7,0 (70;20)	6 (150; 50)	10 (150; 50)	10 (100; 50)	-	-	-	2,5 (100; 50)
Коррозия на пластинках из латуни Л-62 (ГОСТ 931-90) и стали ШХ-15 (температура, °С; время, ч) ГОСТ 801-78	Отсутствие (150; 50)	(200; 50)	(100; 24)	(250; 50)	(200; 24)	-	Отсутствие (150; 50)	(150; 50)	(100; 50)	-	-	Отсутствие (150; 4)	(100; 50)
Плотность при 20 °С, кг/м³	-	1030-1050	-	970-990	-	880	-	-	-	-	-	-	-

* Определяется по ГОСТ 20841.3-75.

Примечания. 1. Все масла — прозрачные жидкости.
2. Кинематическая вязкость масла МП-605 при 200 °С не менее 4 мм²/с, масла МП-610 — 10-20 мм²/с.
3. Во всех маслах массовая доля водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды — отсутствие.
4. Смазывающие свойства на ЧШМТ при (20±5) °С масла ВНИИ НП-6: критическая нагрузка не менее 940Н, показатель износа не более 0,36 мм.

Гарантийный срок хранения масел в таре изготовителя: 2 года для масел МП-605, МП-714, МП-715, ВНИИ НП-6, для остальных масел — 5 лет со дня изготовления.

Масла на смешанной (синтетической и минеральной) основе *(табл. 4.24)*

Масла 132-07, 132-19, 132-20, 132-21 (ТУ 6-02897—78) и **132-08** (ГОСТ 18375—73) предназначены для смазывания подшипников в различных приборах и узлах трения машин, работающих в интервале температур от -(65-70) до +70 °С. Представляют собой смесь полиэтилсилоксановой жидкости и минеральных смазочных масел в различных соотношениях. Упаковывают в стеклянную тару вместимостью от 0,25 до 1 дм³ (ОСТ 6-19-72—76), стеклянные бутыли вместимостью 20 дм³, а также в банки из белой жести (ГОСТ 6128—81), бидоны из белой жести, оцинкованные фляги (ГОСТ 5799—78) и алюминиевые бочки (ГОСТ 21029—75). Гарантийный срок хранения смазочных масел в таре изготовителя — 2 года со дня изготовления. По истечении гарантийного срока масла анализируют на соответствие требованиям стандартов каждый раз перед применением.

4.24. Характеристики масел на смешанной основе

Показатели	132-07	132-19	132-20	132-21	132-08
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:					
20 °С	28-33	27-32	60-80	45-65	47-55
-50 °С, не более	1400	1350	9000	5000	2200
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не ниже	165	165	170	170	173
застывания, не выше	-70	-65	-70	-70	-70
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,2	0,2	0,25	0,25	0,15
Содержание:					
воды, %, не более	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
механических примесей			Отсутствие		
Коррозия			Отсутствие		
Плотность при 20 °С, кг/м³	940-970	920-970	930-970	940-970	950-970
Содержание кремния, %	18,0-22,7	16,0-23,0	17,0-22,0	19,0-24,0	21,0-24,0

Часовые масла (табл. 4.25)

Масла ВНИИНП-4МЛ-400 и ВНИИНП-4МЗ-25 (ТУ 38.101620-76) состоят из нефтяной малосернистой основы и загущающих присадок, создающих оптимальный коэффициент трения. Предназначены для смазывания механизмов часов, установленных на башнях. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510–84. Расфасовывают в стеклянную тару вместимостью 1 дм^3.

4.25. Характеристики часовых масел

Показатели	ВНИИНП-4МЛ-400	ВНИИНП-4МЗ-25
Кинематическая вязкость, мм^2/с, при температуре		
50 °С	380-420	20-25
-40 °С	-	35000
Индекс вязкости, не менее	100	150
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	270	155
застывания, не выше	-10	-45
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,25	0,20
Содержание механических примесей и воды	Отсутствие	
Коррозия медной пластинки (100 °С, 3 ч)	Выдерживает	



5 ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МАСЛА

В группу энергетических масел в России принято включать турбинные, электроизоляционные и компрессорные масла.

Турбинные масла

Турбинные масла предназначены для смазывания и охлаждения подшипников различных турбоагрегатов: паровых и газовых турбин, гидротурбин, турбокомпрессорных машин. Эти же масла используют в качестве рабочих жидкостей в системах регулирования турбоагрегатов, а также в циркуляционных и гидравлических системах различных промышленных механизмов.

Общие требования и свойства

Турбинные масла должны обладать хорошей стабильностью против окисления, не выделять при длительной работе осадков, не образовывать стойкой эмульсии с водой, которая может проникать в смазочную систему при эксплуатации, защищать поверхность стальных деталей от коррозионного воздействия. Перечисленные эксплуатационные свойства достигаются использованием высококачественных нефтей, применением глубокой очистки при переработке и введением композиций присадок, улучшающих антиокислительные, деэмульгирующие, антикоррозионные, а в некоторых случаях противоизносные свойства масел.

Согласно правилам технической эксплуатации электрических станций и сетей Россий-

ской Федерации (РД 34.20.501—95 РАО «ЕЭС России») нефтяное турбинное масло в паровых турбинах, питательных электро- и турбонасосах должно удовлетворять следующим нормам: кислотное число не более 0,3 мг КОН/г; отсутствие воды, видимого шлама и механических примесей; отсутствие растворенного шлама; показатели масла после окисления по методу ГОСТ 981—75: кислотное число не более 0,8 мг КОН/г, массовая доля осадка не более 0,15 %. В то же время согласно инструкции по эксплуатации нефтяных турбинных масел (РД 34.43.102—96 РАО «ЕЭС России»), применяемых в паровых турбинах, масла Тп-22С и Тп-22Б с кислотным числом более 0,15 мг КОН/г, содержащие нерастворимый шлам и (или) имеющие кислотное число после окисления более 0,6 мг КОН/г и содержание осадка более 0,15 %, подлежат замене. Стабильность по методу ГОСТ 981—75 определяют при температуре 120 °С, длительности 14 ч, расходе кислорода 200 мл/мин. При кислотном числе эксплуатационных масел 0,1—0,15 мг КОН/г, появлении в них растворенного шлама, кислотном числе после окисления более 0,2 мг КОН/г и появлении в масле после окисления следов осадка инструкцией по эксплуатации предлагается ряд мероприятий по продлению срока службы масел путем введения антиокислительной присадки.

Инструкция по эксплуатации предусматривает также контроль за противоржавейными свойствами масла по состоянию помещенных в маслобак паровых турбин индикаторов коррозии. При появлении коррозии в масло рекомендуется ввести противоржавейную присадку. Масло Тп-30 при применении в гидротурбинах должно удовлетворять нормам: кислотное число не более 0,6 мг КОН/г; отсутствие воды, шлама и механических примесей; содержание растворенного шлама не более 0,01 %. При снижении кислотного числа эксплуатационного масла Тп-30 до 0,1 мг КОН/г и последующем его увеличении масло подлежит усиленному контролю с целью проведения своевременных мер по продлению его срока службы путем введения антиокислителя и (или) удаления из него шлама. При невозможности восстановления стабильности масла оно подлежит замене по достижении предельных показателей качества.

Ассортимент турбинных масел

Масло Тп-22С (ТУ 38.101821—83) вырабатывают из сернистых парафинистых нефтей с применением очистки селективными растворителями. Содержит присадки, улучшающие антиокислительные, антикоррозионные и деэмульгирующие свойства. Предназначено для высокооборотных паровых турбин, а также центробежных и турбокомпрессоров в тех случаях, когда вязкость масла обеспечивает необходимые противоизностные свойства. Является наиболее распространенным турбинным маслом (табл. 5.1).

Масло Тп-22Б (ТУ 38.401-58-48—92) вырабатывают из парафинистых нефтей с применением очистки селективными растворителями. Содержит присадки, улучшающие антиокислительные, антикоррозионные и деэмульгирующие свойства. По сравнению с маслом Тп-22С обладает усиленными антиокислительными свойствами, большим сроком службы, меньшей склонностью к осадкообразованию при работе в оборудовании. Не имеет заменителей среди отечественных сортов турбинных масел при применении в турбокомпрессорах крупных производств аммиака (см. табл. 5.1).

Масла Тп-30 и Тп-46 (ГОСТ 9972—74) вырабатывают из парафинистых нефтей с применением очистки селективным растворителем. Содержат присадки, улучшающие антиокислительные, антикоррозионные и другие свойства масел. Масло Тп-30 применяют для гидротурбин, некоторых турбо- и центробежных компрессоров. Масло Тп-46 применяют для судовых паросиловых установок с тяжелонагруженными редукторами и вспомогательных механизмов (см. табл. 5.1).

Масла T_{22}, T_{30}, T_{46}, T_{57} (ГОСТ 32—74) вырабатывают из высококачественных малосернистых беспарафинистых бакинских нефтей путем кислотной очистки. Необходимые эксплуатационные свойства масел достигаются выбором сырья и оптимальной глубиной очистки. Различаются вязкостью и областями применения. Эти масла не содержат присадок. На рынок России поступают в весьма ограниченном количестве.

Масло T_{22} имеет те же области применения, что и масла Тп-22С и ТП-22Б.

Масло T_{30} используют для гидротурбин, низкооборотных паровых турбин, турбо- и центробежных компрессоров, работающих с высокооборотными нагруженными редукторами.

Масло T_{46} применяют в судовых паротурбинных установках (турбозубчатых агрегатах) и других вспомогательных судовых механизмах с гидроприводом.

5.1. Характеристики турбинных масел

Показатели	Тп-22С	Тп-22Б	Тп-30	Тп-46	$Т_{22}$	$Т_{30}$	$Т_{46}$	$Т_{57}$
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:								
50 °С	20-23	-	-	-	20-23	28-32	44-48	55-59
40 °С	28,8-35,2	28,8-35,2	41,4-50,6	61,2-74,8	-	-	-	-
Индекс вязкости, не менее	90	95	95	90	70	65	60	70
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,07	0.07	0,5	0,5	0,02	0,02	0,02	0,05
Температура, °С:								
вспышки в открытом тигле, не ниже	186	185	190	220	180	180	195	195
застывания, не выше	-15	-15	-10	-10	-15	-10	-10	-
Массовая доля:								
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	-	Отсутствие					
механических примесей	Отсутствие							
фенола	Отсутствие							
серы, %, не более	0.5	0,4	0,8	1,1	-	-	-	-
Стабильность против окисления, не более:								
осадок, % (мас. доля)	0,005	0.01	0,01	0,008	0,100	0,100	0.100	-
летучие низкомолекулярные кислоты, мг КОН/г	0,02	0,15	-	-	-	-	-	-
кислотное число, мг КОН/г	0,1	0.15	0,5	0.7	0,35	0,35	0,35	-

5.1. Характеристики турбинных масел (продолжение)

Показатели	Тп-22С	Тп-22Б	Тп-30	Тп-46	$Т_{22}$	$Т_{30}$	$Т_{46}$	$Т_{57}$
Стабильность против окисления в универсальном приборе, не более:								
осадок, % (мас. доля)	-	-	0,03	0,10	-	-	-	-
кислотное число, мг КОН/г	-	-	0,4	1,5	-	-	-	-
Зольность базового масла, %, не более	-	-	0,005	0,005	0,005	0,005	0.010	0,030
Число деэмульсации, с, не более	180	180	210	180	300	300	300	300
Коррозия на стальном стержне	Отсутствие				-	-	-	-
Коррозия на медной пластинке, группа	-	-	1	1	Отсутствие			
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,5	2,0	3,5	5,5	2,0	2,5	3,0	4,5
Плотность при 20°С, кг/м³, не более	900	-	895	895	900	900	905	900

Примечание. Условия окисления при определении стабильности по методу ГОСТ 981-75:

Масло	Температура, °С	Длительность	Расход кислорода, мл/мин
Тп-22С	130	24	83
Тп-22Б	150	24	50
Тп-30	150	15	83
Тп-46	120	14	200

5.2. Характеристика масла для судовых газовых турбин

Показатели	Норма
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:	
50 °С	7,0-9,6
20 °С, не более	30
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02
Температура, °С:	
вспышки в закрытом тигле, не ниже	135
застывания, не выше	-45
Зольность, %, не более	0,005
Стабильность против окисления:	
массовая доля осадка после окисления, %, не более	0,2
кислотное число, мг КОН/г, не более	0,65

Масло для судовых газовых турбин (ГОСТ 10289–79) изготовляют из трансформаторного масла с добавлением противозадирной и антиокислительной присадок. Предназначено для смазывания и охлаждения редукторов и подшипников судовых газовых турбин. Характеристика масла приведена в табл. 5.2.

Электроизоляционные масла

Изоляционные масла, являясь жидкими диэлектриками, должны обеспечивать изоляцию токонесущих частей электрооборудования (трансформаторов, конденсаторов, кабелей и др.), служить теплоотводящей средой, а также способствовать быстрому гашению электрической дуги в выключателях. К этой группе масел относят трансформаторные, конденсаторные и кабельные масла и масло для выключателей.

Трансформаторные масла

Трансформаторные масла применяют для заливки силовых и измерительных трансформаторов, реакторного оборудования, а также масляных выключателей. В последних аппаратах масла выполняют функции дугогасящей среды.

Общие требования и свойства

Электроизоляционные свойства масел определяются в основном тангенсом угла диэлектрических потерь. Диэлектрическая

прочность трансформаторных масел в основном определяется наличием волокон и воды, поэтому механические примеси и вода в маслах должны полностью отсутствовать. Низкая температура застывания масел (-45 °С и ниже) необходима для сохранения их подвижности в условиях низких температур. Для обеспечения эффективного отвода тепла трансформаторные масла должны обладать наименьшей вязкостью при температуре вспышки не ниже 95, 125, 135 и 150 °С для разных марок.

Наиболее важное свойство трансформаторных масел — стабильность против окисления, т. е. способность масла сохранять параметры при длительной работе. В России все сорта применяемых трансформаторных масел ингибированы антиокислительной присадкой — 2,6-дитретичным бутилпаракрезолом (известным также под названиями ионол, агидол-1 и др.). Эффективность присадки основана на ее способности взаимодействовать с активными пероксидными радикалами, которые образуются при цепной реакции окисления углеводородов и являются основными ее носителями. Трансформаторные масла, ингибированные ионолом, окисляются, как правило, с ярко выраженным индукционным периодом.

В первый период масла, восприимчивые к присадкам, окисляются крайне медленно, так как все зарождающиеся в объеме масла цепи окисления обрываются ингибитором окисления. После истощения присадки масло окисляется со скоростью, близкой к скорости окисления базового масла. Действие присадки тем эффективнее, чем длительнее индукционный период окисления масла, и эта эффективность зависит от углеводородного состава масла и наличия примесей неуглеводородных соединений, промотирующих окисление масла (азотистых оснований, нафтеновых кислот, кислородсодержащих продуктов окисления масла).

На рис. 5.1 показана зависимость длительности индукционного периода окисления трансформаторного масла при одной и той же концентрации присадки от содержания в нем ароматических углеводородов. Окисление проводилось в аппарате, регистрирующем количество поглощаемого маслом кислорода при 130 °С в присутствии катализатора (медной проволоки) в количестве 1 см² поверхности на 1 г масла с окисляющим газом (кислородом) в статических условиях. Происходящее при очистке нефтяных дистиллятов снижение содержания ароматических углеводородов, как и удаление неуглеводородных включений, повышает стабильность ингибированного ионолом трансформаторного масла.

Международная электротехническая комиссия разработала стандарт (Публикация 296) «Спецификация на свежие нефтяные изоляционные масла для трансформаторов и выключателей». Стандарт предусматривает три класса трансформаторных масел: I — для южных районов (с температурой застывания не выше -30 °С), II — для северных районов (с температурой застывания не выше -45 °С) и III — для арктических районов (с температурой застывания -60 °С). Буква А в обозначении класса указывает на то, что масло содержит ингибитор окисления, отсутствие буквы означает, что масло не ингибировано.

В табл. 5.3 приведены заимствованные из стандарта МЭК 296 требования к маслам классов II, II А, III, III А. Масла классов I и IA в России не производят и не применяют.

Трансформаторные масла работают в сравнительно «мягких» условиях. Температура верхних слоев масла в трансформаторах при кратковременных перегрузках не должна превышать 95 °С. Многие трансформаторы оборудованы пленочными диафрагмами или азотной защитой, изолирующими масло от кислорода воздуха. Образующиеся при окислении некоторые продукты (например, гидроперекиси, мыла металлов) являются сильными промоторами окисления масла. При удалении продуктов окисления срок службы масла увеличивается во много раз. Этой цели служат адсорберы, заполненные силикагелем, подключаемые к трансформаторам при

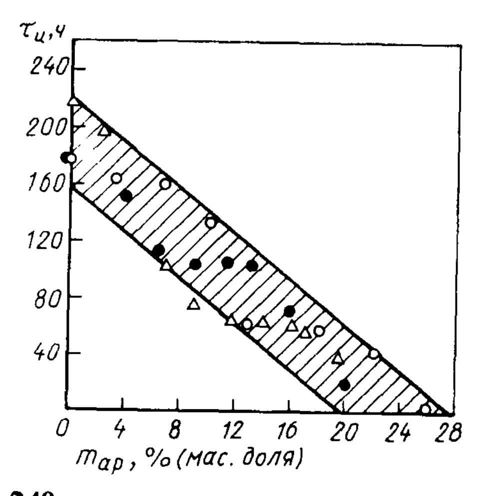


Рис. 5.1. Зависимость антиокислительной стабильности (индукционного периода окисления $\tau_и$) ингибированных ионолом трансформаторных масел от содержания ароматических углеводородов $m_{ар}$ при получении масел:
о — из анастасьевской нефти; • — из бузовнинской нефти; Δ — из бакинских парафинистых нефтей.



5.3. Требования Международной электротехнической комиссии к трансформаторным маслам классов II, IIA, III, IIIA (Публикация 296)

Показатели	Метод испытаний	Требования к классам	
		II и IIA	III и IIIA
Кинематическая вязкость, мм²/с, не более, при температуре:			
40 °С	ISO 3104	11,0	3,5
-30 °С		1800	-
-40 °С		-	150
Температура, °С:			
вспышки, не ниже	ISO 2719	130	95
застывания, не выше	ISO 3016	-45	-60
Внешний вид	Определяется визуально в проходящем свете при комнатной температуре и толщине 10 см	Прозрачная жидкость, не содержащая осадка и взвешенных частиц	
Плотность, кг/дм³	ISO 3675	≤ 0,895	
Поверхностное натяжение, Н/м, при 25 °С	ISO 6295	См. прим 1	
Кислотное число, мг КОН/г	По п.7.7 МЭК 296	≤ 0,03	
Коррозионная сера	ISO 5662	Не коррозионно	
Содержание воды, мг/кг	МЭК 733	См. прим. 2	
Содержание антиокислительных присадок	МЭК 666	Для классов II и III — отсутствие, для классов IIA и IIIA — см. прим. 3	
Окислительная стабильность:	МЭК 1125 А для классов II и III; МЭК 1125 В для классов IIA и IIIA		
кислотное число, мг КОН/г		≤ 0,4	
массовая доля осадка, %		≤ 0,1	
		См. прим. 4	
Пробивное напряжение, кВ:	МЭК 156		
в состоянии поставки		≥ 30	
после обработки		≥ 50*	
Тангес угла диэлектрических потерь при 90 °С и 40-60 Гц	МЭК 247	≤ 0,005	

* Результат показывает, что загрязнения могут быть легко удалены обычными средствами обработки.

Примечания.

1. Спецификация не нормирует этот показатель, хотя некоторые национальные стандарты включают требование не менее $40 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

2. Спецификация не нормирует этот показатель, хотя в некоторых странах существуют нормы 30 мг/кг при отгрузке партией и 40 мг/кг при отгрузке в бочках.

3. Тип и содержание антиокислителя согласовываются между поставщиком и потребителем.

4. Спецификация не нормирует этот показатель. Известно, что хорошие масла имеют индукционный период более 120 ч.

16 — 1890

эксплуатации. Срок службы трансформаторных масел в значительной мере зависит также от использования в оборудовании материалов, совместимых с маслом, т. е. не ускоряющих его старение и не содержащих нежелательных примесей. Для высококачественных сортов трансформаторных масел срок службы без замены может составлять 20–25 лет и более.

Перед заполнением электроаппаратов масло подвергают глубокой термовакуумной обработке. Согласно действующему РД 34.45-51.300–97 «Объем и нормы испытаний электрооборудования» концентрация воздуха в масле, заливаемом в трансформаторы с пленочной или азотной защитой, герметичные вводы и герметичные измерительные трансформаторы не должна превышать 0,5 % (при определении методом газовой хроматографии), а содержание воды 0,001 % (мас. доля). В силовые трансформаторы без пленочной защиты и негерметичные вводы допускается заливать масло с содержанием воды 0,0025 % (мас. доля). Содержание механических примесей, определяемое как класс чистоты, не должно быть хуже 11-го для оборудования напряжением до 220 кВ и хуже 9-го для оборудования напряжением выше 220 кВ. При этом показатели пробивного напряжения в зависимости от рабочего напряжения оборудования должны быть равны (кВ):

Рабочее напряжение оборудования	Пробивное напряжение масла
До 15 (вкл.)	30
Св. 15 до 35 (вкл.)	35
От 60 до 150 (вкл.)	55
От 220 до 500 (вкл.)	60
750	65

Непосредственно после заливки масла в оборудование допустимые значения пробивного напряжения на 5 кВ ниже, чем у масла до заливки. Допускается ухудшение класса чистоты на единицу и увеличение содержания воздуха на 0,5 %.

В этом же РД указаны значения показателей масла, по которым состояние эксплуатационного масла оценивается как нормальное. При превышении этих значений должны быть приняты меры по восстановлению масла или устранению причины ухудшения показателя. Помимо этого даны значения показателей, при которых масло подлежит замене. В табл. 5.4 приведены требования к эксплуатационным маслам. Сорбенты в термосифонных и адсорбционных фильтрах трансформаторов согласно РД 34.20.501–95 «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российс-

5.4. Требования к качеству эксплуатационных трансформаторных масел

Показатели	Метод испытаний	Категория электрооборудования	Значение, ограничивающее область нормального состояния масла	Предельно допустимые значения
Пробивное напряжение, кВ, не менее	ГОСТ 6581-75	Электрооборудование:		
		до 15 кВ (вкл.)	-	20
		до 35 кВ (вкл.)	-	25
		от 60 до 150 кВ (вкл.)	40	35
		от 220 до 500 кВ (вкл.)	50	45
		750 кВ	60	55
Кислотное число, мг КОН/г, не более	ГОСТ 5985-79	Силовые и измерительные трансформаторы и негерметичные вводы	0,10	0,25
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	ГОСТ 63-56-75	То же	5 °С ниже предыдущего анализа	125
Содержание воды, %, не более	ГОСТ 7822-75	Трансформаторы с пленочной или азотной защитой, герметичные вводы и герметичные измерительные трасформаторы	0,0015	0,0025
		Силовые и измерительные трансформаторы без защиты масла, негерметичные вводы	-	0,003
Класс чистоты	ГОСТ 17216-71	Электрооборудование:		
		до 220 кВ (вкл.)	13	13
		св. 220 кВ до 750 кВ (вкл.)	11	12
Тангенс угла диэлектрических потерь при 70/90 °С, %	ГОСТ 6591-73	Электрооборудование:		
		110-150 кВ (вкл.)	8/12	10/15
		220-500 кВ (вкл.)	5/8	7/10
		750 кВ	2/3	3/5
Содержание водорастворимых кислот, мг КОН/г, не более	-	Силовые трансформаторы, герметичные вводы, герметичные трансформаторы, напряжение до 750 кВ (вкл.)	0,014	-
		Негерметичные вводы и измерительные трансформаторы, напряжение до 500 кВ (вкл.)	0,030	-

16*

5.4. Требования к качеству эксплуатационных трансформаторных масел (продолжение)

Показатели	Метод испытаний	Категория электрооборудования	Значение, ограничивающее область нормального состояния масла	Предельно допустимые значения
Массовая доля, %: антиокислительной присадки 2,6-дитретбутил-4-метилфенол, не менее	-	Трансформаторы без специальной защиты масла, негерметичные вводы, напряжение свыше 110 кВ	0,1	-
растворенного шлама, не более	-	Силовые и измерительные трансформаторы, негерметичные вводы, напряжение свыше 110 кВ	-	0,05
фурановых производных (фурфурола), не более*	-	Трансформаторы и вводы, напряжение свыше 110 кВ	0,0015 (0,001)	-
Газосодержание, % (об.), не более	-	Трансформаторы с пленочной защитой, герметичные вводы	2	4

* Фурановые соединения рекомендуется определять в случае обнаружения в трансформаторном масле значительных количеств характерных газов (CO и CO_2) хроматографическим анализом растворенных газов, которые свидетельствуют о возможных дефектах и процессах разрушения твердой изоляции.

кой Федерации» следует заменять в трансформаторах мощностью свыше 630 кВ·А при кислотном числе масла более 0,1 мг КОН/г, а также при появлении в масле растворенного шлама, водорастворимых кислот и (или) повышении тангенса угла диэлектрических потерь выше эксплуатационной нормы. В трансформаторах мощностью до 630 кВ·А адсорбенты в фильтрах заменяют во время ремонта или при эксплуатации при ухудшении характеристик твердой изоляции. Содержание влаги в сорбенте перед загрузкой в фильтры не должно превышать 0,5 %.

Ассортимент трансформаторных масел

Нефтеперерабатывающая промышленность выпускает несколько сортов трансформаторных масел (табл. 5.5). Они различаются по используемому сырью и способу получения.

5.5. Характеристики трансформаторных масел

Показатели	ТКп	Масло селективной очистки	Т-1500У	ГК	ВГ	АГК	МВТ
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:							
50 °С	9	9	-	9	9	5	-
40 °С	-	-	11	-	-	-	3,5
20 °С	-	28	-	-	-	-	-
-30 °С	1500	1300	1300	1200	1200	-	-
-40 °С	-	-	-	-	-	800	150
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Температура, °С:							
вспышки в закрытом тигле, не ниже	135	150	135	135	135	125	95
застывания, не выше	-45	-45	-45	-45	-45	-60	-65
Содержание:							
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие		-	-	-	-	-
механических примесей	Отсутствие		-	Отсутствие		-	Отсутствие
фенола	-	Отсутствие	-	-	-	-	-
серы, % (мас. доля)	-	0,6	0,3	-	-	-	-
сульфирующихся веществ, % (об.), не более	-	-	-	-	-	-	10
Стабильность, показатели после окисления, не более:							
осадок, % (мас. доля)	0,01	Отсутствие		0,015	0,015	Отсутствие	

5.5. Характеристики трансформаторных масел (продолжение)

Показатели	ТКп	Масло селективной очистки	Т-1500У	ГК	ВГ	АГК	МВТ
летучие низкомолекулярные кислоты мг КОН/г	0,005	0,005	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
кислотное число, мг КОН/г	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Стабильность по методу МЭК, индукционный период, ч, не менее	-	-	-	150	120	150	150
Прозрачность	-	Прозрачно при 5 °С	Прозрачно при 20 °С	-	-	-	-
Тангенс угла диэлектрических потерь при 90 °С, %, не более	2,2	1,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1	1	1,5	1	1	1	-
Коррозия на медной пластинке	Выдерживает	-	Выдерживает				
Показатель преломления, не более	1,505	-	-	-	-	-	-
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	895	-	885	895	895	895	-

Примечание. Условия окисления при определении стабильности по методу ГОСТ 981-75:

Масло	Температура, °С	Длительность, ч	Расход кислорода, мл/мин
ТКп и масло селективной очистки	120	14	200
Т-1500У	135	30	50
ГК и АГК	155	14	50
ВГ	155	12	50

Масло ТКп (ТУ 38.101890–81) вырабатывают из малосернистых нафтеновых нефтей методом кислотно-щелочной очистки. Содержит присадку ионол. Рекомендуемая область применения — оборудование напряжением до 500 кВ включительно.

Масло селективной очистки (ГОСТ 10121–76) производят из сернистых парафинистых нефтей методом фенольной очистки с последующей низкотемпературной депарафинизацией; содержит присадку ионол. Рекомендуемая область применения — оборудование напряжением до 220 кВ включительно.

Масло Т-1500У (ТУ 38.401-58-107-97) вырабатывают из сернистых парафинистых нефтей с использованием процессов селективной очистки и гидрирования. Содержит присадку ионол. Обладает улучшенной стабильностью против окисления, имеет невысокое содержание сернистых соединений, низкое значение тангенса угла диэлектрических потерь. Рекомендовано к применению в электрооборудовании напряжением до 500 кВ и выше.

Масло ГК (ТУ 38.1011025–85) вырабатывают из сернистых парафинистых нефтей с использованием процесса гидрокрекинга. Содержит присадку ионол. Полностью удовлетворяет требованиям стандарта МЭК 296 к маслам класса IIA. Обладает хорошими диэлектрическими свойствами, высокой стабильностью против окисления и рекомендовано к применению в электрооборудовании высших классов напряжении.

Масло ВГ (ТУ 38.401978–98) вырабатывают из парафинистых нефтей с применением гидрокаталитических процессов. Содержит присадку ионол. Удовлетворяет требованиям стандарта МЭК 296 к маслам класса IIA. Обладает хорошими диэлектрическими свойствами, высокой стабильностью против окисления и рекомендовано к применению в электрооборудовании высших классов напряжений.

Масло АГК (ТУ 38.1011271–89) вырабатывают из парафинистых нефтей с применением гидрокаталитических процессов. Содержит присадку ионол. По низкотемпературной вязкости и температуре вспышки является промежуточным между маслами классов IIA и IIIA стандарта МЭК 296. Обладает хорошими диэлектрическими свойствами, высокой стабильностью против окисления. Предназначено для применения в трансформаторах арктического исполнения.

Масло МВТ (ТУ 38.401927—92) вырабатывают из парафинистых нефтей с применением гидрокаталитических процессов. Содержит присадку ионол. Удовлетворяет требованиям стандарта МЭК 296 к маслам класса IIIA. Обладает уникальными низкотемпературными свойствами, низким тангенсом угла диэлектрических потерь и высокой стабильностью против окисления. Рекомендовано к применению в масляных выключателях и трансформаторах арктического исполнения.

Конденсаторные масла

Конденсаторные масла применяют для заливки и пропитки изоляции бумажно-масляных конденсаторов, используемых в электро- и радиотехнике. Особенно важны для этих масел хорошие диэлектрические свойства, которые обеспечиваются высоким удельным электрическим сопротивлением и низким тангенсом угла диэлектрических потерь при частотах 50 и 1000 Гц.

Конденсаторные масла (табл. 5.6) в соответствии с ГОСТ 5775—85 вырабатывают двух марок: из малосернистых беспарафинистых нефтей методом сернокислотной очистки и из сернистых парафинистых нефтей методом фенольной очистки и низкотемпературной

5.6. Характеристики конденсаторных масел

Показатели	Масло сернокислотной очистки	Масло фенольной очистки
Плотность при 20 °С, кг/м³	-	860-865
Кинематическая вязкость, мм²/с, не более, при температуре:		
20 °С	45,0	30,0
50 °С	12,0	9,0
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,02
Показатель преломления, не более	-	1,4790
Зольность, %, не более	Отсутствие	0,005
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	135	150
застывания, не выше	-14	-45
Содержание:		
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	-
фенола	-	Отсутствие
серы, % (мас. доля)	-	0,7-0,8

депарафинизации (это масло содержит антиокислительную присадку — 0,2 % ионола).

Кабельные масла

Кабельные масла (табл. 5.7) служат пропиточной и изолирующей средой в маслонаполненных кабелях. Они должны обладать хорошими диэлектрическими свойствами — низким тангенсом угла диэлектрических потерь, высокой устойчивостью к воздействию ионизированного электрическим полем газа (газостойкостью), стабильностью электрических свойств при длительном нагревании.

Масло КМ-22 (ТУ 38.301029-26—89) получают методом очистки селективным растворителем. Предназначено для варки пропиточных масс силовых кабелей напряжением 1—35 кВ с бумажной изоляцией.

Масло МНК-4В (ТУ 38.401-58-76—93) получают с использованием гидрокаталитических процессов из парафинистых нефтей. Содержит присадки, улучшающие стабильность при старении с воздействием электрического поля.

5.7. Характеристики кабельных масел

Показатели	КМ-22	МНК-4В
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:		
100 °С	22	-
50 °С	-	3,7-8,0
20 °С	-	6-16
0 °С	-	110
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,03	0,02
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	270	135
застывания, не выше	-10	-45
Содержание:		
механических примесей	Отсутствие	Отсутствие
сульфирующихся веществ, % (об.), не более	-	10-20
Прозрачность	-	Прозрачно
Тангенс угла диэлектрических потерь при 100 °С, не более		
в исходном состоянии	-	0,003
после старения при 100 °С в течение 300 ч в присутствии меди	-	0,35
Газопоглощение в электрическом поле, мл, не менее	-	0,2
Удельное объемное электрическое сопротивление при 100 °С и напряжении не менее 100 В, Ом·см, не менее	$1,5 \cdot 10^{10}$	-

Компрессорные масла

В зависимости от областей применения и предъявляемых требований компрессорные масла подразделяют на классы:

для поршневых и ротационных компрессоров,

для турбокомпрессорных машин,

для холодильных компрессоров.

Масла для поршневых и ротационных компрессоров

Масла этого класса широко применяют для смазывания компрессоров, эксплуатируемых в различных отраслях промышленности и на транспорте. В поршневых и ротационных компрессорах смазочное масло находится в прямом соприкосновении со сжатым газом, имеющим высокую температуру. Состав и свойства газа в значительной мере определяют требования к маслу и его работоспособность.

В поршневых компрессорах масла применяют для смазывания цилиндров и клапанов, а также в качестве уплотняющей среды для герметизации камеры сжатия. Детали механизма движения обычно смазывают индустриальными маслами. В компрессорах с единой системой смазки цилиндров и механизма движения применяют только компрессорные масла.

В соответствии с правилами*, утвержденными Госгортехнадзором СССР, температура воздуха после каждой ступени сжатия воздушных компрессоров не должна быть выше 170 °С для общепромышленных компрессоров и выше 180 °С для компрессоров технологического назначения. В таких условиях основным эксплуатационным свойством масел, обеспечивающим долговечную, эффективную и безопасную работу компрессоров, является их термоокислительная стабильность и способность предотвращать или сводить к минимуму образование коксообразных масляных отложений в нагнетательных линиях компрессоров. Основной причиной пожаров, возникающих в смазываемых маслом компрессорах, является образование твердых продуктов распада и уплотнения масла при его эксплуатации, иногда по аналогии с отложениями в двигателе называемых нагаром. Требования к термической стабильности

* **«Правила** устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздуховодов и газопроводов» от 7.12.1971 г.

компрессорных масел возрастают в зависимости от температуры нагнетания компрессора.

Применительно к компрессорным машинам вязкость является одной из основных эксплуатационных характеристик масла. От вязкости зависят потери энергии на трение, износ поверхностей трения деталей, уплотнение поршневых колец, время запуска компрессора, температура поверхностей трения.

Образование отложений кокса зависит от термической стабильности масла, а также от его вязкости. Масло более низкой вязкости быстрее перемещается по нагнетательному тракту компрессора и образует меньше отложений в системе нагнетания. В соответствии с правилами техники безопасности эксплуатации стационарных воздушных компрессоров (стандарт ISO 5388) для компрессоров, смазываемых маслом, отложения кокса должны своевременно удаляться. Частота проверок и сроки очистки зависят от качества масла, но при этом толщина слоя отложений между чистками не должны превышать 3 мм при эффективном давлении менее 1 МПа, 2 мм при давлении 1–3 МПа и 1 мм при давлении 3–5 МПа. Следует иметь в виду, что существующее мнение о связи температуры вспышки масла с его безопасной эксплуатацией является неверным. Высокая температура вспышки не гарантирует большей безопасности их применения по сравнению с маслами, имеющими меньшую температуру вспышки. Для поршневых компрессоров более важна температура самовоспламенения компрессорных масел, которая для дистиллятных масел с низкой температурой вспышки выше, чем для остаточных высоковязких масел.

Обозначения отечественных компрессорных масел установлены в соответствии с разработанным в 80-х годах их унифицированным ассортиментом. Согласно классификации масла разделяют на группы:

первая — для компрессоров, работающих при умеренных режимах, сжимающих воздух и другие нерастворимые в масле газы при температуре нагнетания ниже 160 °С;

вторая — то же, при температуре нагнетания ниже 180 °С;

третья — для компрессоров, работающих в тяжелых условиях при температуре нагнетания ниже 200 °С;

четвертая — для компрессоров высокого давления, работающих в особо тяжелых условиях при температуре нагнетания выше 200 °С.

В соответствии с классификацией масла маркируют следующим образом. Буква «К» означает принадлежность к компрессорным

маслам. Группа масла указывается цифрой после «К», за исключением первой группы. Затем после дефиса следует цифра, соответствующая кинематической вязкости при 100 °С.

Примеры обозначений: масло К-12 — компрессорное, относится к первой группе классификации, вязкостью 12 мм²/с при 100 °С; К4-20 — масло компрессорное, относится к четвертой группе классификации, вязкостью 20 мм²/с при 100 °С.

Характеристики компрессорных масел приведены в табл. 5.8.

Компрессорные масла без присадок

Масло К-19 (ГОСТ 1861—73) вырабатывают из малосернистых нефтей методом селективной очистки. Предназначено для смазывания поршневых компрессоров среднего и высокого давления технологических установок, где требуются масла с низким содержанием серы.

Масло КС-19 (ГОСТ 9243—75) вырабатывают из сернистых парафинистых нефтей методом селективной очистки. Предназначено для смазывания поршневых компрессоров среднего и высокого давления.

Компрессорные масла с присадками

Масло КС-19п (ТУ 38.4011055—97) вырабатывают из сернистых парафинистых нефтей методом селективной очистки. Содержит антиокислительную присадку ионол. Предназначено для смазывания поршневых компрессоров среднего и высокого давления.

Масло К3-10 (ТУ 38.401724—88) вырабатывают из смеси малосернистых нефтей методом селективной очистки. Содержит композицию присадок, снижающих образование отложений нагара в нагнетательной линии компрессора, а также улучшающих антиокислительные, антикоррозионные, смазывающие и антипенные свойства. Предназначено для смазывания поршневых компрессоров с температурой нагнетания до 200 °С, а также ротационных компрессоров.

Масло К3-10Н (ТУ 38.401905—92) вырабатывают по той же технологии, что и масло К3-10. Содержит дополнительно присадку, понижающую температуру застывания. Обладает улучшенными пусковыми свойствами при низких температурах окружающего воздуха. Область применения та же, что и масла К3-10.

Масло К2-24 (ТУ 38.401-58-43—92) вырабатывают из смеси волгоградских и малосернистых западно-сибирских нефтей методом

5.8. Характеристики компрессорных масел

Показатели	Масла без присадок		Масла с присадками							
	К-19	КС-19	Кп-8С	К3-10	К3-10Н	КС-19п	К3-20	К4-20	К2-220	К2-24
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:										
100 °С	17-21	18-22	6,5-9	8,8-10,5	9-13	18-24	17-23	19,5-22	18-21	21-25
40 °С	-	-	41,4-50,6	73,7-96,2	76-130	-	209-336	240-310	220-310	-
Индекс вязкости, не менее	-	92	95	90	90	85	80	85	82	82
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,04	0,02	0,05	0,2	0,2	0,03	0,5	-	0,4	0,35
Температура, °С:										
вспышки в открытом тигле, не ниже	245	260	200	205	205	260	250	225	230	270
застывания, не выше	-5	-15	-15	-10	-30	-15	-15	-15	-10	-10
Содержание, % (мас. доля), не более:										
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	Отсутствие	-	-	-	Отсутствие	-	-	-	-
механических примесей	0,07	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	0,07	0,02	Отсутствие	Отсутствие
воды	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Следы	Следы	Отсутствие	Отсутствие	Следы	Следы	Отсутствие
серы	0,3	1,0	0,5	0,65	0,65	1,0	0,35	0,6	0,5	0,5
селективных растворителей	-	Отсутствие	Отсутствие	-	-	Отсутствие	-	Отсутствие	-	-
Коксуемость, %, не более	0,5	0,5	0,05	0,2	0,2	0,45	0,45	-	0,45	0,5
Зольность, %, не более	0,01	0,005	0,005	0,005*	0,005*	0,005	0,12	0,5-0,8	0,06	0,06

5.8. Характеристики компрессорных масел (продолжение)

Показатели	Масла без присадок		Масла с присадками							
	К-19	КС-19	Кп-8С	КЗ-10	КЗ-10Н	КС-19п	КЗ-20	К4-20	К2-220	К2-24
Стабильность против окисления, не более:										
осадок, % (мас. доля)	0,015	Отсутствие	0,02	-	-	Отсутствие	-	-	-	-
кислотное число, мг КОН/г	-	0,5	0,2	-	-	0,5	-	-	-	-
увеличение коксуемости, %	-	-	-	1,5**	1,5**	-	2,0**	-	3,0**	2,0**
потери от испарения, %	-	-	-	15**	15**	-	-	-	20**	-
Цвет, ед. ЦНТ, не более	-	7,0	2,5	6,5	6,5	7,0	7,5	-	7,5	7,5
Коррозия:										
на пластинках из стали	Выдерживает	-	-	Выдерживает	Выдерживает	-	Выдерживает	-	-	-
на пластинках из свинца, г/см², не более	-	10	-	-	-	-	-	10	-	-
на пластинках из меди	-	-	Выдерживает	-	-	Выдерживает	-	-	Выдерживает	Выдерживает
на стальных стержнях	-	-	Отсутствие	-	-	-	-	Отсутствие	-	-
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	-	905	885	900	900	905	900	900	905	900

* Показатель нормируется для базового масла.

** Стабильность определяется по методу ISO 6617.

Примечание. Условия окисления при определении стабильности по методу ГОСТ 981-75:

Масло	Температура, °С	Длительность, ч	Расход кислорода, мл/мин
К-19, КС-19 и КС-19п	120	14	200
Кп-8С	150	25	50

селективной очистки. Содержит присадку, улучшающую антиокислительные и противоизносные свойства. Применяют для смазывания многоступенчатых поршневых компрессоров высокого давления, в том числе компрессоров воздухоразделительных установок.

Масло КЗ-20 (ТУ 38.401700—88) вырабатывают из малосернистых нефтей методом селективной очистки. Содержит композицию присадок, снижающих образование кокса в нагнетательной линии компрессора, а также улучшающих смазывающие и антипенные свойства. Предназначено для смазывания теплонапряженных поршневых компрессоров высокого давления.

Масло К4-20 (ТУ 38.101759—78) вырабатывают из малосернистых нефтей методом селективной очистки. Содержит присадки, улучшающие смазывающие, диспергирующие и антипенные свойства, а также повышающие термическую стабильность. Предназначено для смазывания поршневых корабельных воздушных компрессоров высокого давления с единой системой смазки цилиндров и механизма движения.

Масло К2-220 (ТУ 38.401-58-90—94) вырабатывают из смеси волгоградских и шаимских нефтей методом селективной очистки. Содержит присадки, улучшающие антиокислительные, противоизносные и антипенные свойства. Предназначено для применения в теплонапряженных воздушных компрессорах.

Масла для турбокомпрессоров

Для смазывания центробежных и турбокомпрессорных машин в основном применяют турбинные масла, среди которых наиболее распространены для этой цели масла Тп-22С и Тп-22Б. В турбокомпрессорах, спаренных с высоконагруженными редукторами, условия работы часто диктуют применение более вязкого, специально разработанного компрессорного масла Кп-8С (ТУ 38.1011296—90). В тех случаях, когда от масла требуется высокая устойчивость к образованию осадка и хорошая антиокислительная стабильность, в компрессорах следует применять масла Тп-22Б и Кп-8С. Преимущества этих масел перед маслом Тп-22С особенно ярко проявляются при их работе в компрессорах, перекачивающих аммиак. По результатам лабораторных исследований и эксплуатационных испытаний масел на турбокомпрессорах отечественного производства и импортных поставок ВНИИ НП и НИИтурбокомпрессоров (г.Казань) разработаны предельные показатели качества, превы-

шение которых отрицательно влияет на состояние узлов трения и работу компрессоров:

Показатель	Максимально допустимое значение
Кислотное число, мг КОН/г	0,2
Массовая доля, %:	
воды	0,05
осадка, нерастворимого в бензине-растворителе*	0,05
Отклонение кинематической вязкости от вязкости свежего масла, %	±15

* Определяют по ГОСТ 981–75 при кислотном числе более 0,1 мг КОН/г.

Масла для компрессоров холодильных машин

К компрессорным маслам для холодильных машин предъявляют специфические требования, обусловленные непрерывным контактом смазывающего материала с хладагентом, а также постоянным изменением температуры и давления среды. Для компрессоров холодильных машин рекомендуется применять минеральные и синтетические масла с достаточно низкой температурой застывания и высокой химической стабильностью. Под химической стабильностью принято понимать склонность масел к взаимодействию с хладагентами на основе галогенопроизводных углеводородов жирного ряда при повышенных температурах и давлении. Важнейшими эксплуатационными характеристиками холодильных масел являются их способность к взаимному растворению с хладонами (рис. 5.2), а также температура, при которой из растворов выпадают хлопья парафина. Температура хлопьеобразования в растворе хладона R-12 составляет для масла: ХФ12-16 — минус 50, ХА-30 — минус 40, ХС-40 — минус 55 °С. Необходимо также контролировать

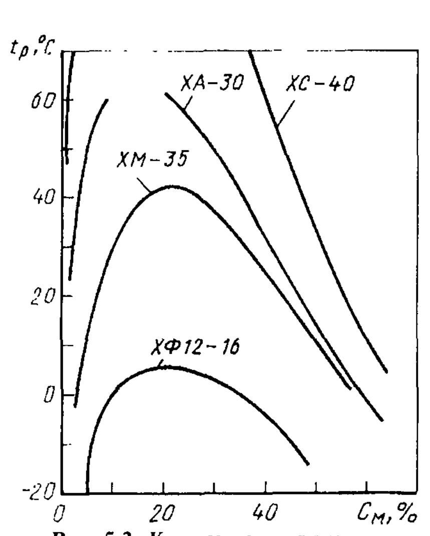
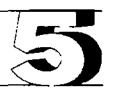


Рис. 5.2. Кривые растворимости холодильных масел с хладоном R-22: $t_р$ — температура полного растворения; $C_м$ — массовая доля масла в смеси



агрессивность смесей хладагента с маслом по отношению к металлам и другим материалам, применяемым в холодильных машинах.

Для компрессоров холодильных машин применяют масла серии ХА и ХФ в соответствии с ГОСТ 5546–86 (табл. 5.9):

ХА-30 — смесь дистиллятного и остаточного нефтяных масел;

ХФ12-16 — нефтяное масло с антиокислительной присадкой;

ХФ22-24 — нефтяное загущенное масло;

ХФ22С-16 — синтетическое масло с антиокислительной присадкой.

Кроме масел по ГОСТ 5546–86 для компрессоров холодильных машин, работающих в диапазоне температур -50...+150 °С, можно применять синтетическое масло **ВНИИНП ХС-40** (ТУ 38.101763–78), а для промышленных фреоновых холодильных машин — нефтяное масло **ХМ-35** (ТУ 38.1011158–88).

5.9. Характеристики масел для компрессоров холодильных машин

Показатели	ХМ-35	ХА-30	ХФ12-16	ХФ22-24	ХФ22С-16	ХС-40
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:						
20 °С	-	≤150	≥17	-	-	-
50 °С	32-37	28-32	≥16	24,5-28,4	≥16	37-42
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,03	0,05	0,02	0,04	0,35	0,02
Температура, °С:						
вспышки в открытом тигле, не ниже	190	185	174	130	225	200
застывания, не выше	-37	-38	-42	-55	-58	-45
Зольность, %, не более	0,005	0,004	-	-	-	0,02
Стабильность против окисления, не более:						
осадок, %, (мас. доля)	-	0,02	0,005	-	0,02	-
кислотное число, мг КОН/г	-	0,5	0,04	-	0,4	-
Цвет, ед. ЦНТ, не более	-	-	1,0	-	-	-
Коррозия:						
на пластинках из меди	Выдерживают					
на пластинках из стали	-	Отсутствие	-	-	Отсутствие	

Примечания. 1. Для масла ХФ12-16 температура хлопьеобразования с хладоном 12 не выше -50 °С.

2. Для всех масел содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды — отсутствие.

17 — 1890

6

ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА

Технический прогресс в машиностроении — развитие высокопроизводительных, высокоточных и с числовым программным управлением автоматизированных модулей, роботов и другого надежного оборудования — потребовал создания качественно новых индустриальных масел. Нефтеперерабатывающая промышленность производит большой ассортимент современных легированных индустриальных масел с улучшенными эксплуатационными свойствами: антиокислительными, смазывающими, защитными, деэмульгирующими и др. Применение легированных индустриальных масел (с присадками) обеспечивает повышение надежности работы оборудования и его производительности, увеличение срока службы масел в 2-4 раза по сравнению с маслами без присадок.

Ассортимент масел, применяемых для промышленного оборудования и машин, практически шире приведенного в данной главе. В качестве индустриальных используют многие масла, отнесенные по основному назначению к моторным, гидравлическим, трансмиссионным, турбинным и другим группам. В ряде случаев возникает необходимость использования продуктов не нефтяного происхождения, получаемых на основе кремнийорганических, фосфор-, серу-, фторсодержащих соединений и др.

Система обозначений

Длительное время в Российской Федерации не было технически обоснованной и общепринятой классификации индустриальных ма-

сел. В зависимости от области применения их условно классифицировали на масла общего и специального назначения. Кроме того, масла каждой из этих групп подразделяли на три подгруппы по кинематической вязкости при 50 и 100 °С. Имело место разделение: по характеру исходной нефти — на масла из малосернистых и сернистых нефтей; по способу очистки — на масла селективной, сернокислотной, адсорбционной очистки, выщелоченные и др. При разработке легированных масел их обозначали, руководствуясь сложившимися правилами, например: масла серии ИГП — индустриальные гидравлические с присадками; ИСП — индустриальные из сернистых нефтей с присадками и т. п.

На основе отечественного и зарубежного опыта по созданию классификаций смазочных масел, изучения технических требований к индустриальным маслам, опыта разработки и применения легированных масел впервые разработана технически обоснованная классификация индустриальных масел. Она отражена в ГОСТ 17479.4–87 («Масла индустриальные. Классификация и обозначение»). Стандарт учитывает международные стандарты (ISO 3448–75 «Смазочные материалы индустриальные. Классификация вязкости», ISO 6743/0–81 («Классификация смазок и индустриальных масел») и отечественный ГОСТ 17479.0–85 («Масла нефтяные. Классификация и обозначение. Общие требования.») В единой системе обозначений индустриальных масел учтено применение их в различном промышленном оборудовании: станках, прессах, прокатных и волочильных станах, машинах и оборудовании, в которых используются редукторы, подшипниках и других элементах конструкций, гидравлических системах в различных условиях эксплуатации. Масла, предназначенные для смазывания промышленного оборудования, выделяют в самостоятельную группу и им присваивают общее условное наименование «Индустриальные масла». В отличие от моторных, трансмиссионных и других масел специального назначения их обозначают буквой «И».

Обозначение индустриальных масел включает группу знаков, разделенных между собой дефисом. Первая буква «И», вторая прописная буква определяет принадлежность к группе по назначению, третья прописная буква — принадлежность к подгруппе по эксплуатационным свойствам и четвертый знак — цифра — характеризует класс по кинематической вязкости.

По назначению индустриальные масла делят на 4 группы (табл. 6.1), по уровню эксплуатационных свойств — на 5 подгрупп (табл. 6.2) и в зависимости от кинематической вязкости при 40 °С — на 18 классов (табл. 6.3). Деление масел по назначению соответствует ISO 3498—79 и ISO 6743/0—81, а по вязкости — ISO 3448—75.

Пример обозначения индустриального масла: И-Г-С-32 — индустриальное масло (И) группы Г, подгруппы С, класса вязкости 32.

Внедрение ГОСТ 17479.4—87 способствует унификации существующего ассортимента индустриальных масел. Соответствие обозначений индустриальных масел по указанному стандарту обозначениям, принятым в нормативной документации, и группам по назначению классификации ISO 6743/0—81 приведено в табл. 6.1 и 6.4.

6.1. Группы индустриальных масел по назначению

Группа	Соответствие группы по ISO 6743/0-81	Область применения
Л	F	Легконагруженные узлы (шпиндели, подшипники и сопряженные с ними соединения)
Г	H	Гидравлические системы
Н	G	Направляющие скольжения
Т	С	Тяжелонагруженные узлы (зубчатые передачи)

6.2. Подгруппы индустриальных масел для машин и механизмов промышленного оборудования по эксплуатационным саойствам

Подгруппа	Состав, условия эксплуатации и рекомендуемая область применения
А	Масла без присадок; по условиям работы оборудования не предъявляются особые требования к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
В	Масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками; по условиям работы оборудования предъявляются повышенные требования к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
С	Масла типа В с противоизносными присадками для оборудования, где имеются антифрикционные сплавы цветных металлов и условия работы которых предъявляют повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным и противоизносньм свойствам масел
D	Масла типа С с противозадирными присадками; по условиям работы оборудования предъявляются повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным, противоизносным и противозадирным свойствам масел
Е	Масла типа Д с противоскачковыми присадками; по условиям работы оборудования предъявляются повышенные требования к антиокислительным, адгезионным, противоизносным, противозадирным и противоскачковым свойствам масел



6.3. Классы вязкости индустриальных масел по ISO 3448-75

Класс вязкости	ν_{40}, мм²/с	Класс вязкости	ν_{40}, мм²/с
2	1,9-2,5	68	61-75
3	3,0-3,5	100	90-110
5	4,0-5,0	150	135-165
7	6,0-8,0	220	198-242
10	9,0-11,0	320	288-352
15	13,0-17,0	460	414-506
22	19,0-25,0	680	612-748
32	29,0-35,0	1000	900-1100
46	41,0-51,0	1500	1350-1650

6.4. Соответствие обозначений индустриальных масел по ГОСТ 17479.4-87 обозначениям, принятым в нормативной документации (НД)

Обозначение масла по ГОСТ 17479.4-87	Принятое обозначение масла	Нормативная документация
И-Л-А-7	И-5А	ГОСТ 20799-88
И-Л-А-10	И-8А	«
И-ЛГ-А-15	И-12А	«
И-Г-А-32	И-20А	«
И-Г-А-46	И-30А	«
И-Г-А-68	И-40А	«
И-ГТ-А-100	И-50А	«
И-Г-В-46(п)	ВНИИНП-403	ГОСТ 16728-78
И-Л-С-5	И-Л-С-5 взамен ИГП-4	Соответствующая НД
И-Л-С-10	И-Л-С-10 взамен ИГП-6,ИГП-8	То же
И-Л-С-22	И-Л-С-22 взамен ИГП-14	«
И-Г-С-32	ИГП-18	«
И-Г-С-46	ИГП-30	«
И-Г-С-68	ИГП-38, ИГП-49	«
И-Т-С-100	ИГП-72	«
И-Т-С-150	ИГП-91	«
И-Т-С-220	ИГП-114	«
И-Т-С-320	ИГП-152, ИГП-182	«
И-ГН-Д-32(с)	ИГСп-18	«
И-ГН-Д-68(с)	ИГСп-38	«
И-Н-Е-68	ИНСп-40	«
И-Н-Е-100	ИНСп-65	«
И-Н-Е-220	ИНСп-110	«
И-ГН-Е-32	И-ГН-Е-32 взамен ИГНСп-20	«
И-ГН-Е-68	И-ГН-Е-68 взамен ИГНСп-40	«
И-Г-Д-32(з)	ИГПз-20	«
И-Т-Д-32	И-Т-Д-32 взамен ИСП-25 и ИСПи-25	«

6.4. Соответствие обозначений индустриальных масел по ГОСТ 17479.4-87 обозначениям, принятым в нормативной документации (НД) (продолжение)

Обозначение масла по ГОСТ 17479.4-87	Принятое обозначение масла	Нормативная документация
И-Т-Д-68	И-Т-Д-68 взамен ИСП-40 и ИРп-40	Соответствующая НД
И-Т-Д-100	И-Т-Д-100 взамен ИСП-65 и ИРп-75	То же
И-Т-Д-150	И-Т-Д-150	«
И-Т-Д-150 (мп)	ИРп-85	«
И-Т-Д-220	И-Т-Д-220 взамен ИСП-110 и ИРп-150	«
И-Т-Д-460	И-Т-Д-460 взамен ИТП-200	«
И-Т-Д-680	И-Т-Д-680 взамен ИТП-300	«
И-Т-С-1000	ИТп-500	«
И-Т-Д-100 (пр)	И-100Р (С)	«
И-Т-С-68 (пер)	И-68СХ	«
И-Т-С-320 (мт)	ИТС-320 (мт) взамен ИМТ-160	«
И-Л-С-220 (Мо)	И-Л-С-220 (Мо) взамен ИЦп-20	«
И-Л-Д-1000	И-Л-Д-1000 взамен ИЦп-40	«
И-Л-С-22 (вс)	И-Л-С-22 (вс)	«
И-Л-Д-22 (вр)	И-Л-Д-22 (вр)	«
И-Л-Д-32 (вр)	И-Л-Д-32 (вр)	«
И-Л-Д-68 (вр)	И-Л-Д-68 (вр)	«
И-Л-Д-100 (вр)	И-Л-Д-100 (вр)	«
И-Т-С-100 (пр)	И-Т-С-100 (пр)	«
И-Т-С-150 (пр)	И-Т-С-150 (пр)	«
И-Т-С-220 (пр)	И-Т-С-220 (пр)	«
И-Т-В-46	И46ПВ	«
И-Т-В-220	И220ПВ	«
И-Т-В-460	И460ПВ	«
И-Т-Д-1000 (С)	И-Т-Д-1000 (С)	«
И-Т-Д-680 (Мо)	И-Т-Д-680 (Мо)	«
И-Т-А-680	П-40	«
И-Т-А-460	И-460А	«
И-Т-А-460	ПС-28	ГОСТ 12672-77

Свойства масел

Назначение индустриальных масел — обеспечить снижение трения и износа деталей металлорежущих станков, прессов, прокатных станов и другого промышленного оборудования. Одновременно индустриальные масла должны отводить тепло от узлов трения, защищать детали от коррозии, очищать поверхности трения от загрязнения, быть уплотняющим средством, не допускать образования пены при контакте с воздухом, предотвращать образование стой-

ких эмульсий с водой или быть способными эмульгировать, хорошо фильтроваться через фильтрующие элементы, быть нетоксичными, не иметь неприятного запаха и т.д. В условиях применения смазочные масла подвергаются воздействию высоких температур и давлений, контактируют с различными металлами, воздухом, водой и различными агрессивными средами. Поэтому в период эксплуатации они окисляются — повышается вязкость, кислотное число, коррозионная активность, засоряются продуктами износа — усиливается абразивный износ, ухудшается фильтрование, появляются продукты деструкции — понижается вязкость, температура вспышки, появляется вода и др.

Ниже приведены основные нормируемые для индустриальных масел показатели качества.

Плотность непосредственно связана с такими важными свойствами, как вязкость и сжимаемость. Она существенно влияет на передаваемую гидропередачей мощность и определяет запас энергии в масле при его циркуляции. Применение масел высокой плотности позволяет существенно уменьшить размеры гидропередачи при той же мощности. При повышении давления плотность масел возрастает вследствие их сжимаемости:

Давление, МПа	0,1	35	105	140
Плотность, кг/м³	885	895	920	930

Вязкость — одно из важных свойств, имеющих эксплуатационное значение, общее для большинства масел. При гидродинамических расчетах, связанных с конструированием узлов трения и подбором для них масла, обычно используют кинематическую вязкость. Ее обязательно нормируют для всех нефтяных масел. Длительное время кинематическая вязкость индустриальных масел определялась при температурах 50 и 100 °С. В настоящее время принятой по классификации ISO 3448–75 является температура 40 °С (вместо 50 °С). При выборе масла следует учитывать три критических значения вязкости: оптимальное при нормальной рабочей температуре, минимальное при максимальной рабочей температуре и максимальное при самой низкой температуре.

Вязкость масла в значительной степени зависит от давления. Это имеет особое значение при смазывании механизмов, работающих с большими удельными нагрузками и высоким давлением в узлах трения, что должно учитываться при конструировании и расчетах

механизмов. Требуемый уровень вязкости в рабочих условиях положительно сказывается на смазывающих свойствах масла: между поверхностями трения создается прочный смазочный слой. Зависимость вязкости от давления выражается уравнением:

$$\eta_p = \eta_0 e^{\alpha_p},$$

где η_p и η_0 — динамическая вязкость при давлении p и атмосферном давлении соответственно, Па·с; **e** — основание натурального логарифма; α_p — пьезокоэффициент вязкости, $Па^{-1} \cdot c^{-1}$ (для нефтяных масел находится в пределах 0,001—0,004).

При высоком давлении вязкость может возрасти настолько, что масло потеряет свойства жидкости и превратится в квазипластичное тело. При давлении более 10^{15} Па нефтяное масло превращается в твердое тело. При снятии нагрузки первоначальная вязкость восстанавливается. Вязкость масел при всех температурах с увеличением давления растет неодинаково и тем значительнее, чем выше давление и ниже температура.

Индекс вязкости характеризует вязкостно-температурные свойства масел. Для перевода одних единиц вязкости в другие, для расчета вязкости смеси смазочных масел и для расчета изменения вязкости от температуры или определения индекса вязкости масел следует пользоваться соответствующими формулами, номограммами, таблицами и графиками*.

Индекс вязкости 85 и выше указывает на хорошие вязкостно-температурные свойства. Для гидравлических систем современного оборудования необходимы масла с индексом вязкости более 100 и загущенные масла с индексом вязкости 110—200. Этот показатель особенно важен для масел, применяемых в условиях, когда при изменении рабочих температур недопустимо даже незначительное изменение вязкости (например, для гидравлических систем, высокоскоростных механизмов, для гидродинамических направляющих скольжения и др.). Как правило, индустриальные масла эксплуатируются при сравнительно низких температурах (50—60 °С), поэтому в соответствии с ГОСТ 4.24—84 нормирование индекса вязкости не обязательно.

* ГОСТ 25371—82 устанавливает два метода расчета индекса вязкости (ИВ) смазочных масел по кинематической вязкости при 40 и 100 °С, там же приведены формулы и таблицы для определения ИВ.



Температура застывания определяется в статических условиях (в пробирке) и не характеризует надежно подвижность масла при низкой температуре в условиях эксплуатации. Характеристикой подвижности масел при низкой температуре служит вязкость при соответствующей температуре, верхний предел которой зависит от условий эксплуатации и конструкции механизмов. Применение присадок позволяет снизить температуру застывания масел. Данные по температуре застывания масел необходимы при проведении нефтескладских операций (слив, налив, хранение).

Температура вспышки — температура, при которой пары масла образуют с воздухом смесь, воспламеняющуюся при поднесении к ней пламени. Характеризует огнеопасность масла и указывает на наличие в нем низкокипящих фракций. Ее определяют в приборах открытого и закрытого типа. В открытом приборе температура вспышки нефтяных масел на 20—25 °С выше, чем в закрытом.

Зольность — количество неорганических примесей, остающихся от сжигания навески масла, выраженное в процентах к массе масла. Высокая зольность масел без присадок указывает на недостаточную их очистку, т. е. на наличие в них различных солей и несгораемых механических примесей, и содержание зольных присадок в легированных маслах. Обычно зольность масел составляет 0,002—0,4 % (масс.).

Содержание механических примесей, воды, селективных растворителей и водорастворимых кислот и щелочей. По этим показателям контролируют качество масел при их производстве, а также при определении их срока службы для оценки пригодности его для дальнейшего применения (отсутствие или определенная норма в маслах загрязнений и веществ, агрессивных по отношению к металлическим поверхностям).

Цвет — показатель степени очистки и происхождения нефтяных масел. Некоторые присадки, вводимые в масла, ухудшают их цвет. Изменение цвета масел в процессе эксплуатации косвенно характеризует степень их окисления или загрязнения.

Кислотное число также характеризует степень очистки нефтяных масел (без присадок) и отчасти их стабильность в процессе эксплуатации и хранения.

В присутствии присадок увеличивается кислотное число и в то же время повышается стабильность масел при длительной эксплуатации и хранении.

Содержание серы зависит от природы нефти, из которой выработано масло, а также глубины его очистки. При применении процессов гидрооблагораживания содержание серы в масле указывает на глубину процесса гидрирования. В очищенных маслах из сернистых нефтей сера содержится в виде органических соединений, не вызывающих в обычных условиях коррозии черных и цветных металлов. Агрессивное действие серы возможно при высоких температурах, например, при использовании масел в качестве закалочной среды, контактирующей с раскаленной поверхностью металла. Масла с присадками, в состав которых входит сера, содержат больше серы, чем базовые масла. Серусодержащие присадки вводят в масло для улучшения его смазывающих свойств.

Антиокислительная стабильность индустриальных масел в процессе эксплуатации и хранения — одна из важных характеристик их эксплуатационных свойств. По антиокислительной или химической стабильности определяют стойкость масла к окислению кислородом воздуха. Все нефтяные масла, соприкасаясь с воздухом при высокой температуре, взаимодействуют с кислородом и окисляются. Недостаточная антиокислительная стабильность масел приводит к быстрому их окислению, сопровождающемуся образованием растворимых и нерастворимых продуктов окисления (органических кислот, смол, асфальтенов и др.). При этом в масле появляются осадки в виде шлама, нарушающие циркуляцию масла в системе и образующие агрессивные продукты, которые вызывают коррозию деталей машин. Срок службы масла при окислении значительно сокращается, повышается его коррозионность, ухудшается способность отделять воду и растворенный воздух. На окисление масла влияют многие факторы: температура, пенообразование, содержание воды, органических кислот, металлических продуктов изнашивания и других загрязнений.

Химически стабильные масла, работоспособные при высокой температуре, должны создаваться на базе глубокоочищенных базовых масел с антиокислительными присадками. Современные легированные индустриальные масла для улучшения антиокислительной стабильности содержат специальные присадки. Особенно важны антиокислительные свойства для масел, работающих в узлах трения и механизмах при повышенной температуре и при интенсивной циркуляции и перемешивании.

Защитные (консервационные) свойства определяют способность индустриальных масел предотвращать агрессивное действие на детали машин органических кислот, содержащихся в маслах и образующихся в результате окисления при наличии влаги, попадающей в масла в процессе эксплуатации (конденсация из воздуха, охлаждающая вода и др.), а также веществ, агрессивных по отношению к некоторые металлам. Коррозия черных металлов возникает при попадании в масло воды, а коррозия цветных металлов и сплавов вызывается действием органических кислот, образующихся при окислении масла и некоторых присадок. Вода, а также частицы продуктов коррозии стимулируют коррозионную агрессивность органических кислот. Кроме того, попадая в зону трения, частички продуктов коррозии действуют как абразив и повышают интенсивность изнашивания. Коррозия цветных металлов усиливается с повышением температуры. Защитные свойства улучшаются при введении в масло маслорастворимых ингибиторов коррозии, антикоррозионных присадок, которые препятствуют контакту металла с влагой и органическими кислотами.

Смазывающие свойства характеризуют способность масел улучшать работоспособность поверхностей трения путем максимального уменьшения износа и трения. Они оцениваются показателем износа, антифрикционными и противозадирными свойствами. Смазывающие свойства масел позволяют судить об их способности предотвращать любой вид удаления материала с контактирующих поверхностей (умеренный износ, задир, выкрашивание, коррозионно-механический, абразивный и др.). При работе узлов и механизмов в условиях гидродинамического режима трения требования по смазывающим свойствам обеспечиваются нефтяными маслами соответствующей вязкости без присадок. При работе узлов и механизмов в условиях граничной смазки смазывающие свойства масел не обеспечиваются естественным составом нефтяных масел. Учитывая, что при работе машин и механизмов имеет место как граничная (при пуске, остановке), так и гидродинамическая (в рабочих условиях, например, гидравлической системы) смазка, к большинству индустриальных масел предъявляют более жесткие требования по показателю износа, чем к маслам без присадок. Для предотвращения износа и заедания в масло вводят соответствующие присадки, которые на поверхности трения при определенных температурах создают защитные пленки.

В некоторых конструкциях лопастных насосов при высоких частотах вращения, нагрузках и локальных температурах создаются условия, при которых масляная пленка разрушается с образованием контакта металл — металл; наступает катастрофический износ.

При использовании гидравлических масел с противоизносными присадками следует иметь в виду, что некоторые из них, например, диалкиллитиофосфаты цинка, способствуют повышенному коррозионному износу деталей из медных сплавов. Это необходимо учитывать при подборе масел для насосов и других механизмов, детали которых выполнены из определенных марок бронзы для обеспечения минимального трения при запуске. В этом случае следует применять масла с антиокислительными и антикоррозионными или противоизносными присадками, нейтральными по отношению к сплавам из меди.

Антифрикционные свойства индустриальных масел не нормируют, но они косвенно характеризуют смазывающую способность.

Антипенные свойства оценивают способность масел выделять воздух или другие газы без появления пены. Образование пены приводит к потерям масла, увеличению его сжимаемости, ухудшению смазывающей и охлаждающей способностей, вызывает более интенсивное окисление масла. Способность противостоять вспениванию особенно важна для масел, используемых в гидравлических системах и для смазывания высокоскоростных механизмов, так как при их контакте с атмосферой при обычной температуре содержание растворенного воздуха достигает 8 — 9 % (об.). Большинство современных легированных масел содержат антипенные присадки, которые способствуют разрушению пузырьков пены на поверхности и предотвращают пенообразование.

Деэмульгирующие свойства свидетельствуют о способности масла обеспечивать быстрый отстой воды. Масла с плохими деэмульгирующими свойствами при обводнении образуют стойкие водомасляные эмульсии. При этом уменьшается вязкость масла, ухудшаются условия трения, металлические поверхности подвергаются коррозии, повышается температура застывания и т. д. Эти свойства нефтяных масел улучшаются введением в них деэмульгаторов.

Содержание активных элементов. Определяя содержание цинка, фосфора, серы, хлора и других активных элементов, контролируют количество вводимых в легированные масла присадок при производстве.

Для индустриальных масел специального назначения дополнительно нормируют такие показатели качества, как липкость, смываемость, эмульгируемость, стабильность вязкости загущенных масел, степень чистоты и др. В связи с ужесточением требований к эксплуатационным свойствам индустриальных масел нормируемые показатели их качества будут, очевидно, дополняться новыми.

Ассортимент масел

Масла общего назначения

В эту группу входят нефтяные масла без присадок и с присадками (легированные) вязкостью при 50 °С от 2,2 до 190 мм²/с, получаемые из малосернистых и сернистых нефтей. Такие масла служат для смазывания наиболее распространенных узлов и механизмов оборудования в различных отраслях промышленности. К маслам без присадок не предъявляют особых требований, их эксплуатационные свойства обеспечиваются естественной нефтяной природой масел. В группу легированных масел включены масла с определенным комплексом свойств, обеспечивающих универсальность их применения.

Масла без присадок (табл. 6.5)

Эти масла, выпускаемые по ГОСТ 20799—88, представляют собой очищенные дистиллятные или смесь дистиллятных и остаточных масел. Применяют в машинах и механизмах промышленного оборудования, условия работы которых не предъявляют особых требований к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел, а также в качестве гидравлических жидкостей.

Масла И-5А, И-8А — дистиллятные, из малосернистых и сернистых нефтей селективной очистки. Применяют в различных отраслях промышленности для смазывания наиболее широко распространенных легконагруженных, высокоскоростных узлов и механизмов, замасливания волокон и в производстве масел, смазок и резин. Кроме того, их применяют для жирования кож, изготовления паст, мастик, оконной замазки и др. Ряд отраслей народного хозяйства используют эти масла в качестве рабочей жидкости для гидравлических систем различных строительных машин.

Масла И-12А, И-12А$_1$ — дистиллятные из сернистых нефтей селективной очистки. Служат для смазывания втулок, подшипников

6.5. Характеристики индустриальных масел общего назначения без присадок (ГОСТ 20799–88)

Показатели	И-5А	И-8А	И-12А	И-12А₁	И-20А	И-30А	И-40А	И-50А
	Обозначение по ГОСТ 17479.4–87							
	И-Л-А-7	И-Л-А-10	И-ЛГ-А-15	И-ЛГ-А-15	И-Г-А-32	И-Г-А-46	И-Г-А-68	И-ГТ-А-100
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	870	880	880	880	890	890	900	910
Вязкость кинематическая, при 40 °С, мм²/с	6-8	9-11	13-17 (13-21)	13-17 (13-21)	29-35 (25-35)	41-51	61-75 (51-75)	90-110 (75-95)
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05
Температура, °С:								
вспышки в открытом тигле, не ниже	140(120)	150(130)	170	165	200(180)	210(200)	220(200)	225(215)
застывания, не выше	-18	-15	-15	-30	-15	-15	-15	-15
Цвет, ед.ЦНТ, не более	1,0(2,0)	1,5(2,0)	1,5(2,5)	2,5	2,0(3,0)	2,5(3,5)	3,0(4,5)	4,5(6,5)
Стабильность против окисления:								
приращение кислотного числа, мг КОН/г, не более	0,2(0,3)	0,2(0,3)	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4
приращение смол, %, не более	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0(3,0)	3,0	3,0	3,0

Примечания. 1. Во всех маслах нормируют: содержание воды — следы; механических примесей, селективных растворителей — отсутствие; зольность не более 0,005 %; массовую долю серы в маслах из сернистых нефтей — 1,0–1,1 %.

2. По согласованию изготовителя с потребителем и при заявке на масла с температурой застывания ниже предусмотренной требованиями стандарта допускается изготовлять индустриальные масла с депрессатором, а также масла с $t_{заст} \leq -10$ °С для масел, применяемых в период с 1 апреля до 1 сентября, за исключением масел на экспорт.

3. Нормы показателей в скобках и масло И-20А Новоуфимского НПЗ с цветом не более 3,5 ед. ЦНТ допускаются до 01.01.2000 г.; допускается также по согласованию с потребителем вырабатывать масла И-12А, И-40А, И-50А из казахстанских нефтей с кислотным числом не более 0,08 мг КОН/г (изменения №№ 2, 3, 4 ГОСТ 20799-88).

веретен ровничных и других машин, узлов коттонных и кеттельных машин, шпинделей металлорежуших станков, работающих с частотой вращения до 5 тыс. мин$^{-1}$, для направляющих бабок фильерно-расточных, фильерно-полировочных и других станков, для подшипников маломощных электродвигателей с кольцевой системой смазки, в качестве рабочих жидкостей в объемных гидроприводах, работающих в закрытом помещении и на открытом воздухе, для поршневой группы аммиачных компрессоров и для многих других видов оборудования. Используют также для изготовления масел с присадками, пластичных антифрикционных и консервационных смазок, эмульгирующих составов, технологических смазок и жидкостей. В зависимости от требований их можно заменить смесью одного из масел И-20А или И-30А с маловязкими маслами И-5А или И-8А.

Масла И-20А, И-30А, И-40А, И-50А — дистиллятные или смесь дистиллятного с остаточным из сернистых и малосернистых нефтей селективной очистки. Их употребляют в качестве рабочих жидкостей в гидравлических системах станочного оборудования, автоматических линий, прессов, для смазывания легко- и средненагруженных зубчатых передач, направляющих качения и скольжения станков, где не требуются специальные масла, и других механизмов. Наиболее широко применяют масло И-20А в гидравлических системах промышленного оборудования, для строительных, дорожных и других машин, работающих на открытом воздухе. Применение указанных масел в тех или иных механизмах зависит от их вязкости: по мере ее увеличения масла используют в более нагруженных и менее быстроходных механизмах. Указанные масла можно заменить легированными маслами ИГП-18, ИГП-30, ИГП-38 и ИГП-49 (ТУ 38.101413–97) соответствующей вязкости.

В производстве индустриальных масел И-Л-С и ИГП с присадками используют, как правило, высокоиндексные базовые масла серии ВИ (ТУ 38.101308–97), характеристики которых приведены в табл. 6.6, а также масла-компоненты селективной очистки и из продуктов глубокого гидрирования нефтяных фракций.

Масла с присадками (легированные) (табл. 6.7)

Масла индустриальные И-Л-С и ИГП выпускают в соответствии с ТУ 38.1011191–97 и ТУ 38.101413–97. Это дистиллятные,

остаточные или смесь дистиллятных и остаточных нефтяных масел из сернистых нефтей глубокой селективной очистки с антиокислительной, противоизносной, антикоррозионной и антипенной присадками. Применяют их в основном для смазывания современного отечественного и импортного оборудования в различных отраслях народного хозяйства, для эксплуатации которого необходимы масла с улучшенными эксплуатационными свойствами.

Основными показателями, характеризующими эксплуатационные свойства масел ИГП, являются вязкость, стабильность против окисления, антикоррозионные свойства и стойкость к пенообразованию.

В связи с применением в гидравлических системах современного промышленного оборудования фильтров тонкой очистки (25, 10 и 5 мкм) важное значе-

6.6. Характеристики базовых масел серии ВИ (ТУ 38. 101308–97)

Показатели	ВИ-4	ВИ-6	ВИ-8	ВИ-20	ВИ-30	ВИ-40	ВИ-50	ВИ-70	ВИ-90	ВИ-115
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм²/с	4,3-6,0	7,2-10,1	9,3-12,5	26,3-30,0	44,5-50,0	55,8-65,0	76,8-85,0	117,5-125,0	151,0-165,0	192,0-205,0
Индекс вязкости, не менее	-	95	95	95	95	95	95	95	95	90
Удельная дисперсия (F, C), не выше	105	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Коксуемость, %, не более	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40
Температура, °С:										
вспышки в открытом тигле, не ниже	125	145	145	180	210	220	225	230	240	250
застывания, не выше	-8	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,0	1,5	1,5	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,5	6,0

Примечание. Для всех марок масел нормируют: внешний вид — однородная прозрачная жидкость; зольность, не более 0,005 %; кислотное число не более 0,005 мгКОН/г; содержание механических примесей, воды, фенола — отсутствие.

6.7. Характеристики индустриальных масел И-Л-С и ИГП

Показатели	И-Л-С-5	И-Л-С-10	И-Л-С-22	ИГП-18	ИГП-30	ИГП-38	ИГП-49	ИГП-72	ИГП-91	ИГП-114	ИГП-152	ИГП-182
	Обозначение по ГОСТ 17479.4–87											
	И-Л-С-5	И-Л-С-10	И-Л-С-22	И-Г-С-32	И-Г-С-46	И-Г-С-68		И-Т-С-100	И-Т-С-150	И-Т-С-220	И-Т-С-320	
Плотность, кг/м³, не более	850 (880)	880	890	880 (885)	885	890	895	900	900	900	905	910
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм²/с	4,1-5,1	9,0-11,0	19,8-24,0	24-30	39-50	55-65	76-85	110-125	148-165	186-205	265-280	320-348
Индекс вязкости, не менее	-	-	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Температура, °С:												
вспышки в открытом тигле, не ниже	110	143	170	180	200	210	215	220	225	230	230	240
застывания, не выше	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15
Массовая доля, %:												
цинка, не менее	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
серы, не более	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	1,5
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,5	2,0	2,0	3,0	3,5	4,0	5,0	5,5	6,5	7,0	8,0	8.0
Склонность к пенообразованию: стабильность пены, см³, не более:												
при 24 °С	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5
при 94 °С	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5

18 -- 1890

6.7. Характеристики индустриальных масел И-Л-С и ИГП (продолжение)

Показатели	И-Л-С-5	И-Л-С-10	И-Л-С-22	ИГП-18	ИГП-30	ИГП-38	ИГП-49	ИГП-72	ИГП-91	ИГП-114	ИГП-152	ИГП-182
	Обозначение по ГОСТ 17479.4-87											
	И-Л-С-5	И-Л-С-10	И-Л-С-22	И-Г-С-32	И-ГС-46	И-Г-С-68		И-Т-С-100	И-Т-С-150	И-Т-С-220	И-Т-С-320	
при 24 °С после испытания при 94 °С	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	100/5	100/5
Коррозионное воздействие на медь	Выдерживает			-	-	-	-	-	-	-	-	-
Антикоррозионные свойства: степень коррозии	-	-	-	Отсутствие								

Примечания. 1. Для всех марок масел И-Л-С и ИГП нормируют: внешний вид — однородная прозрачная жидкость; зольность не более 0,2%; кислотное число не более 1,0 мг КОН/г; содержание механических примесей — отсутствие, воды — следы; число омыления 0,8-2,5 мг КОН/г; старение в горячем состоянии: увеличение кислотного числа после окисления не более 0,35 мг КОН/г; термоокислительная стабильность по методу ASTM D-943. увеличение кислотного числа не более 0,5 мг КОН/г. Не нормируют — коксуемость, определяет потребитель АО «АВТОВАЗ».

2. ОАО «Славнефть — Ярославский НПЗ» допускается вырабатывать масло И-Л-С-5 с плотностью менее 880 кг/м³, ОАО «Ярославнефтеоргсинтез» — масло ИГП-18 плотностью менее 885 кг/м³.

3. При поставке на экспорт всех марок масел ИГП и АО «АВТОВАЗ» марок ИГП-18 — ИГП-114 индекс вязкости (ИВ) не менее 95, за исключением масел ООО «Лукойл — Волгограднефтепереработка»: ИГП-18 — ИГП-49 с ИВ ≥ 90; ИГП-72 — ИГП-114 с ИВ ≥ 85.

4. Допускается с 1 апреля до 1 сентября выработка масел ИГП с $t_{заст} \le -10$ °С.

5. Показатели пенообразования, старения в горячем состоянии, термоокислительной стабильности масел И-Л-С и ИГП гарантируются технологией производства и определяются только в АО «АВТОВАЗ».

6. В маслах ИГП допускается применение депрессатора ПМА «Д» до 0,3 % (100 %-ного).

ние приобретает такое свойство нефтяных масел, особенно легированных, как фильтруемость.

Масла ИГП можно применять взамен соответствующих по вязкости масел общего назначения по ГОСТ 20799–88. Преимущества легированных масел ИГП в сравнении с маслами без присадок подтверждены многолетней практикой их производства и применения.

Масла И-Л-С-5, И-Л-С-10, И-Л-С-22 (взамен ИГП-4, ИГП-6, ИГП-8, ИГП-14) применяют для смазывания легконагруженных высокоскоростных механизмов (шпиндели, подшипники и сопряженные с ними соединения).

Масла ИГП-18, ИГП-30, ИГП-38, ИГП-49 служат рабочими жидкостями в гидравлических системах станков, автоматических линий, прессов. Используют для смазывания высокоскоростных коробок передач, мало- и средненагруженных редукторов и червячных передач, вариаторов, электромагнитных и зубчатых муфт, подшипниковых узлов, направляющих скольжения и качения и в других узлах и механизмах, где требуются масла с улучшенными антиокислительными и противоизносными свойствами.

Масла ИГП-72, ИГП-91, ИГП-114 используют в гидравлических системах тяжелого прессового оборудования и для смазывания шестеренчатых передач, средненагруженных зубчатых и червячных редукторов, в циркуляционных системах смазки различного оборудования.

Масла ИГП-152, ИГП-182 используют для смазывания нагруженных зубчатых и червячных передач, коробок скоростей, редукторов и других узлов.

Далее представлен ассортимент индустриальных масел по назначению согласно ГОСТ 17479.4–87, а также специальных масел и жидкостей, которые не учитываются стандартом.

Масла для легконагруженных высокоскоростных механизмов

В эту группу входят дистиллятные масла из малосернистых и сернистых нефтей селективной очистки с присадками и без присадок вязкостью при 50 °С от 2,2 до 15,5 мм²/с (см. табл. 6.5 и 6.7). Они служат для смазывания высокоскоростных механизмов металлорежущих станков, текстильных машин, сепараторов, центрифуг, шпинделей, подшипников и сопряженных с ними соединений.

Масла И-Л-С-5, И-Л-С-10, И-Л-С-22 (ТУ 38.1011191—97) — дистиллятные масла из сернистых нефтей глубокой селективной очистки с антиокислительной, антикоррозионной, противоизносной и антипенной присадками. Предназначены для высокоскоростных шпиндельных узлов металлорежущих станков. Масла И-Л-С-5 и И-Л-С-10 экономически наиболее целесообразно использовать взамен соответствующих по вязкости масел без присадок И-5А и И-8А.

Масла И-5А, И-8А (ГОСТ 20799—88) — см. с. 269.

Масло И-5А применяют для смазывания быстроходных механизмов: подшипников и втулок веретен прядильных и крутильных машин, подшипников шпинделей шлифовальных кругов металлорежущих и других станков, работающих при частоте вращения 15—35 тыс. $мин^{-1}$, условия работы которых не предъявляют особых требований к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел. Масло используют также для смазывания контрольно-измерительных приборов и других легконагруженных узлов. Можно заменить маслом И-Л-С-5 или И-8А.

Масло И-8А применяют для коттонных и кеттильных трикотажных машин, малонагруженных узлов трения, работающих с частотой вращения 5—15000 $мин^{-1}$, швейных и вязальных машин, шпинделей шлифовальных кругов металлорежущих станков, контрольно-измерительных приборов. Можно заменить маслами И-Л-С-5 или И-Л-С-10 и И-5А.

Масла для гидравлических систем

В этот раздел включены масла, употребляемые в качестве рабочих жидкостей для гидравлических систем металлорежущих станков, автоматических линий, прессового и другого промышленного оборудования. Масштабы использования гидравлического привода значительно расширились. Практически невозможно назвать такую отрасль промышленности, в которой гидравлический привод не нашел бы применения. Развитие гидравлических устройств сопровождается непрерывным увеличением рабочих мощностей и нагрузок, в связи с чем повышаются требования к эксплуатационным свойствам масел для гидравлических систем. В настоящее время освоен промышленный выпуск масел для этих систем с улучшенными антиокислительными, антикоррозионными, противоизносными и противозадирными свойствами. Наряду с этим распространены гидравлические системы, работающие при умеренных температурах и давлениях, работоспособность которых обеспечивается нефтяными маслами без присадок. В соответствии с широким диапазоном рабочих параметров гидравлических систем и предъявляемыми к смазочным материалам эксплуатационными требованиями, масла для гидравлических систем промышленного оборудования условно делят на четыре группы.

В первую группу (наиболее распространенную) входят нефтяные масла без присадок, которые используют в качестве рабочих жидкостей в гидравлических системах, когда не предъявляются особые требования к эксплуатационным свойствам масел. В таких системах применяют индустриальные масла общего назначения без присадок требуемой вязкости (см. табл. 6.5): И-12А, И-12$А_1$, И-20А, И-30А, И-40А и И-50А (ГОСТ 20799—88).

Вторую группу составляют легированные масла с улучшенными антиокислительными, антикоррозионными, противоизносными и антипенными свойствами. Их используют в гидравлических системах, эксплуатируемых при высоких рабочих давлениях (до 16—35 МПа). В эту группу входят высокоочищенные дистиллятные, остаточные масла и смеси масел из сернистых нефтей глубокой селективной очистки, с присадками, вязкостью при 50 °С от 16 до 118 $мм^2/с$. Эти масла относят к легированным маслам общего назначения и, кроме гидравлических систем, они могут быть использованы для циркуляционных смазочных систем различного промышленного оборудования.

В третью группу входят легированные масла вязкостью при 50 °С от 16,5 до 40 $мм^2/с$. Они отличаются от масел второй группы лучшими противозадирными свойствами, и их используют в гидравлических системах, которые эксплуатируются при повышенных рабочих давлениях (>35 МПа).

Четвертую группу составляют легированные масла, получаемые загущением вязкостными присадками маловязких очищенных и высокоочищенных нефтяных масел из сернистых нефтей селективной очистки, с улучшенными антиокислительными, антикоррозионными, противоизносными, противозадирными и антипенными свойствами. Эти масла используют в гидравлических системах со специфическими свойствами, обусловленными условиями применения, например: двигатели привода стана для прокатки алюминия, привод шагового двигателя, гидроперфораторов, экскаваторов, дуговых печей и др.

Масла ИГП-18, ИГП-30, ИГП-38, ИГП-49, ИГП-72, ИГП-91, ИГП-114 (ТУ 38.101413–97) — дистиллятные, остаточные и смеси дистиллятных и остаточных масел глубокой селективной очистки из сернистых нефтей с антиокислительной, антикоррозионной, противоизносной и антипенной присадками. Масла серии ИГП являются основными маслами для современных гидравлических систем металлорежущих станков, автоматических линий, тяжелых прессов и другого промышленного оборудования. Масла марок ИГП-18 — ИГП-49 и ВНИИНП-403 применяют, в основном, в гидроприводах отечественных и импортных станков в различных отраслях народного хозяйства. Масло ВНИИНП-403 по назначению и свойствам идентично маслу ИГП-30. Масла марок ИГП-72 — ИГП-114 используют в гидравлических системах тяжелого прессового оборудования. Характеристики масел ИГП приведены в табл. 6.7.

Масло ВНИИНП-403 по ГОСТ 16728-78 (**И-Г-В-46(п)** по ГОСТ 17479.4–87) — дистиллятное масло из сернистых и малосернистых нефтей, содержащее антикоррозионную, антиокислительную и антипенную присадки (табл. 6.8).

Предназначено для применения в качестве рабочей жидкости для объемного гидропривода металлорежущих станков, автоматических линий, индивидуальных тяжелых прессов и другого промышленного оборудования, а также в циркуляционных смазочных системах металлорежущих станков и других механизмах, работающих на масле с аналогичными свойствами.

6.8. Характеристики масла ВНИИНП-403

Показатели	Значение
Плотность при 20 °С, кг/м³	860-890
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм²/с	41-51
Индекс вязкости, не менее	97
Кислотное число, мг КОН/г	0,7-1,0
Температура, °С:	
вспышки в открытом тигле, не ниже	202
застывания, не выше	-20
Массовая доля, %, не более:	
серы	1,0
механических примесей	0,007
воды	Отсутствие
Цвет, ед ЦНТ, не более	4,0
Стабильность против окисления:	
кислотное число после окисления, мг КОН/г, не более	1,30
осадок после окисления	Отсутствие
Коррозионное воздействие на медь и сталь	Выдерживает

Масла индустриальные ИГСп (ТУ 38.101238–96) — нефтяные масла из сернистых нефтей глубокой селективной очистки (масла ВИ), содержащие противоизносную, противозадирную, противоржавейную, антипенную и деэмульгирующую (для масла ИГСп-38д) присадки (табл. 6.9).

6.9. Характеристики индустриальных масел ИГСп

Показатели	ИГСп-18	ИГСп-38	ИГСп-38д
	Обозначение по ГОСТ 17479.4-87		
	И-ГН-Д-32(с)	И-ГН-Д-68(с)	И-ГН-Д-68(сд)
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм²/с	23,5-30,0	52,5-62,5	52,5-62,5
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	210	210
застывания, не выше	-8	-8	-8
Массовая доля, %:			
сульфатной золы, не более	0,35	0,35	0,35
цинка	0,07-0,10	0,07-0,10	0,07-0,10
серы	0,8-1,0	0,8-1,0	0,8-1,0
Цвет, ед. ЦНТ, не более	4,5	5,5	5,5
Коксуемость, %, не более	0,35	0,45	0,45
Склонность к пенообразованию/стабильность пены, см³, не более:			
при 24 °С	50/5	50/5	-
при 94 °С	25/5	25/5	-
при 24 °С после испытания при 94 °С	50/5	50/5	-
Антикоррозионные свойства, степень коррозии	-	-	Отсутствие
Коэффициент фильтруемости, не выше	-	-	1,1
Защитная способность	Выдерживает		-

Примечания. 1. Для всех марок масел ИГСп нормируют: внешний вид — однородная прозрачная жидкость; кислотное число не более 1,5 мг КОН/г; содержание механических примесей и воды — отсутствие; индекс вязкости не менее 90.

2. Коэффициент фильтруемости определяют только для масла ИГСп-38д при его дополнительной фильтрации.

3. Для масел ИГСп-18 и ИГСп-38 нормируют и определяют только в АО «АВТОВАЗ»: защитную способность — выдерживает, термоокислительную способность — увеличение кислотного числа не более 0,5 мг КОН/г и пенообразующие свойства, которые гарантируются технологией производства этих масел; определяют и не нормируют до накопления данных трибологические характеристики: нагрузку сваривания P_c и показатель износа $Д_и$.

Эти масла предназначены для гидравлических систем станочного оборудования и для смазывания направляющих скольжения.

Масла ИГП$_3$-20 (ТУ 38.101788–79), **И-Г-Д-68** (ТУ 38.1011163–88), **И-Г-Д-68(з)** (ТУ 38.4015801–90) — глубокоочищенные нефтяные масла, содержащие антиокислительную, антикоррозионную, противоизносную, противозадирную, антипенную и вязкостную (полиизобутилен или полибутен различной молекулярной массы) присадки (табл. 6.10).

Эти индустриальные масла предназначены для применения в гидравлических системах различного промышленного оборудования, в том числе: вытяжного агрегата неопрокидывающего устройства раздаточной цепи для смазывания привода шагового двигателя в фасонно-шлифовальном станке (ИГП$_3$-20); самоходных бурильных установок с гидравлическими перфораторами, буровых станков, шахтных бурильных установок и вспомогательных машин для подземных и открытых горных работ (И-Г-Д-68(з)).

Масла И-Г-С(д) (ТУ 0253-001-00151911–93; ГОСТ 17479.4–87) — нефтяные масла глубокой селективной очистки с антиокислительной, противоизносной, детергентной и деэмульгирующей присадками; предназначены для применения в гидравлических системах станков, автоматических линий и прессов и прочего современного отечественного и импортного оборудования, работающего в обычном и жестком режимах и в условиях обводнения (табл. 6.11).

6.10. Характеристики масел для гидравлических систем промышленного оборудования

Показатели	ИГП$_3$-20	И-Г-Д-68	И-Г-Д-68(з)
	Обозначение по ГОСТ 17479.4-87		
	И-Г-Д-32(з)	И-Г-Д-68	И-Г-Д-68(з)
Плотность при 20 °С, кг/м³	-	870-890	870-890
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм²/с	29,0-35,0	61,0-75,0	61,0-75,0
Кислотное число, мг КОН/г, не более	1,8	1,0	1,5
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	125	210	170
застывания, не выше	-10	-22	-30
Массовая доля, %:			
серы, не более	1,5	-	-
фосфора	0,1-0,2	-	-
механических примесей, не более	Отсутствие		0,015
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,0	4,0	3,5
Зольность, %, не более	0,08	0,20	0,25
Коксуемость, %, не более	0,2	-	-

Примечания. 1. Для всех масел содержание воды — отсутствие.
2. Для масла ИГП$_3$-20 нормируют: внешний вид — однородная прозрачная жидкость; индекс вязкости не менее 140.

6.11. Характеристики масел И-Г-С(д)

Показатели	И-Г-С-32(д)	И-Г-С-46(д)	И-Г-С-68(д)
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	875	880	885
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм²/с	29,0-35,0	41,0-51,0	61,0-75,0
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	190	200	210
застывания, не выше	-15	-15	-15
Массовая доля, %:			
серы, не более	0,9	0,9	0,9
цинка, не менее	0,025	0,025	0,025
Цвет, ед.ЦНТ, не более	2,5	3,0	3,5
Коррозионное воздействие на медь, балл, не более	2с	2с	2с

Примечания. 1. Для всех марок масел И-Г-С(д) нормируют: внешний вид — однородная прозрачная жидкость; зольность не более 0,2%; кислотное число не более 1,0 мг КОН/г; показатель износа $Д_и$ ≤ 0,40 мм, гарантируемый технологией производства и определяемый один раз в год по требованию потребителя; содержание механических примесей и воды — отсутствие; индекс вязкости не менее 90; коэффициент фильтруемости не более 1,1.
2. Допускается изготовлять масла с $t_{заст}$ ≤ -10°С в период с 1 апреля до 1 сентября.

Масло Гидрол-7 (ТУ 38.101715–78) — смесь гидроочищенного нефтяного и синтетического масел с композицией присадок: противоизносной, противозадирной и антипенной (табл. 6.12). Предназначено для работы в условиях с повышенной пожароопасностью в гидравлической системе дуговых плавильных печей.

Жидкость ОЭРЖ-М (ТУ 38.1011313–90) представляет собой эмульсию типа «вода в масле» и содержит нефтяное масло, воду, стабилизатор и многофункциональную присадку (см. табл. 6.12). Предназначена для использования в гидросистемах проходческих комбайнов, бурильных установок, погрузочных и других горных машин, работающих в угольных и сланцевых шахтах, при температуре от 5 до 65 °С и давлении до 32 МПа. Может быть использована и в других отраслях промышленности, где существуют проблемы пожаробезопасности, например, в горнорудной, сталелитейной, автомобилестроении; на металлообрабатывающих и деревообрабатывающих предприятиях.

6.12. Характеристики огнестойких масел и жидкостей

Показатели	Гидрол-7	ОЭРЖ-М
Внешний вид	Однородная прозрачная жидкость	Однородная жидкость белого цвета
Плотность при 20 °С, кг/м³	860-950	≤930
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм²/с	52,0-60,0	55,0-76,0
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,2	-
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	230	-
застывания, не выше	-14	-28
Содержание воды, % (об.)	-	35-42
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	-	0,15
Стабильность эмульсии, % (об.), не более:		
количество отделившегося масла	-	1,0
количество отделившейся воды	-	1,0

Примечание. Для масла Гидрол-7 содержание механических примесей и воды — отсутствие, показатель износа $Д_и$ ≤ 0,5 мм, для жидкости ОЭРЖ-М коррозионное воздействие на сталь и медь — выдерживает.

Масла для направляющих скольжения станочного оборудования

В данную группу входят дистиллятные масла и смеси дистиллятных и остаточных масел из сернистых нефтей, очищенные и глубокоочищенные селективной очистки и легированные с вязкостью при 50 °С от 20 до 120 мм²/с. Применяют эти масла для смазывания горизонтальных и вертикальных направляющих скольжения и качения подвижных узлов, передач ходовой винт-гайки, для легко- и средненагруженных зубчатых и червячных передач, гидродинамических направляющих станочного оборудования и для некоторых узлов текстильных машин.

Масла И-ГН-Е-32, И-ГН-Е-68 (ТУ 38.1011161–88), **И-ГН-Е-32(ф), И-ГН-Е-68(ф)** (ТУ 0253-006-00151911–94) — универсальные.

Масла И-ГН-Е представляют собой нефтяные масла глубокой селективной очистки из сернистых нефтей с антиокислительной, противоскачковой, противоржавейной, противозадирной, противоизносной, депрессорной и антипенной присадками. Предназначены для использования в гидросистемах и для смазывания направляющих скольжения металлорежущих станков.

Масла И-ГН-Е(ф) аналогичны по составу маслам И-ГН-Е, но, кроме указанного в маслах И-ГН-Е пакета присадок, содержат детергентно-диспергирующую присадку и отличаются улучшенной фильтруемостью. Предназначены для использования в гидросистемах и одновременно для смазывания направляющих скольжения прецизионных станков, преимущественно, с числовым программным управлением.

Характеристики масел И-ГН-Е и И-ГН-Е(ф) приведены в табл. 6.13.

6.13. Характеристики универсальных масел И-ГН-Е и И-ГН-Е(ф)

Показатели	И-ГН-Е-32	И-ГН-Е-68	И-ГН-Е-32(ф)	И-ГН-Е-68(ф)
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	890	895	890	895
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм²/с	28-36	61-68	28-36	61-75
Индекс вязкости, не менее	-	-	90	90
Кислотное число, мг КОН/г, не более	1,5	1,5	2,5	2,5
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	185	210	175	200
застывания, не выше	-15	-15	-15	-15
Содержание воды	Следы		-	-
Цвет, ед. ЦНТ, не более	4,5	5,0	5,0	5,5
Коксуемость, %, не более	0,30	0,40	-	-
Защитные свойства	-	-	Выдерживает	
Антикоррозионные свойства в присутствии воды: степень коррозии	-	-	Отсутствие	
Стабильность против окисления: изменение кислотного числа, мг КОН/г, не более	-	-	1,0	1,0
Противоскачковые свойства на стенде фирмы «Лабеко»:				
равномерность перемещений	-	-	Отсутствие скачков	
кинематический коэффициент трения, не более	-	-	0,12	0,12
отношение $f_{ст}/f_{к}$, не более	-	-	0,85	0,85
Трибологические характеристики, определяемые на ЧШМ: показатель износа $Д_и$, мм, не более	-	-	0,50	0,45
Фильтруемость: индекс чистоты, не менее	-	-	85	85

Примечания. 1. Для всех масел И-ГН-Е и И-ГН-Е(ф) нормируют: внешний вид — однородная прозрачная жидкость; зольность не более 0,25%, массовая доля цинка не менее 0,04%, серы не менее 0,6%, содержание механических примесей — отсутствие.

2. Обозначения масел в технических условиях — по ГОСТ 17479.4-87.

6.14. Противоскачковые свойства масел по ASTM D2877-70

Масло	$f_{ст}$	$f_{кн}$	$f_{ст}/f_{кн}$	Наличие скачков
ИГП-18	-	-	-	Скачки
ИГСп-18	-	-	-	Скачки
И-ГН-Е-32	0,0912	0,1249	0,73	Отсутствие
ИНСп-20	0,6785	0,0965	0,70	Отсутствие
Vacuoline 1405	0,1018	0,1340	0,76	Отсутствие
ИГП-38	-	-	-	Скачки
ИГСп-38	-	-	-	Скачки
И-ГН-Е-68	0,0861	0,1229	0,70	Отсутствие
Vacuoline 1409	0,0787	0,1065	0,73	Отсутствие
ИНСп-40	0,0750	0,1048	0,71	Отсутствие
Vactra-2	0,0895	0,1156	0,75	Отсутствие

Противоскачковые свойства оценивают по отношению коэффициентов трения статического $f_{ст}$ и кинетического $f_{кн}$ (метод ASTM D 2877-70, табл. 6.14) на машине с возвратно-поступательным движением плоских чугунных образцов, перемещающихся со скоростью 12,7 мм/мин при нагрузке 224 Н. При $f_{ст}/f_{кн}$ < 0,85 противоскачковые свойства хорошие; при $f_{ст}/f_{кн}$ = 0,86-0,94 — умеренные; при $f_{ст}/f_{кн}$ = 1,0 — отсутствуют.

Лучшими противоскачковыми свойствами обладают специальные легированные масла И-ГН-Е и ИНСп для направляющих скольжения.

Масла ИНСп (ТУ 0253-007-00151911-93) — дистиллятные, остаточные и смесь дистиллятных и остаточных нефтяных масел из сернистых нефтей селективной очистки, содержащие противоскачковую, противозадирную, адгезионную, солюбилизирующую и антипенную присадки (табл. 6.15). Применяют для смазывания направляющих скольжения и качения металлорежущих станков, передач ходовой винт-гайки станков особой высокой точности, с программным управлением, тяжелых и других, где требуются равномерность медленных перемещений, точность и чувствительность установочных перемещений столов, суппортов, ползунов, бабок, стоек и других узлов, а также где необходимо снизить уровень коэффициентов трения в статических и кинетических условиях.

Масло ИНСп-40 применяют для смазывания легко- и средненагруженных горизонтальных направляющих.

Масло ИНСп-65 служит для смазывания средне- и тяжелонагруженных горизонтальных направляющих, а также вертикальных

6.15. Характеристики масел ИНСп для направляющих скольжения

Показатели	ИНСп-40	ИНСп-65	ИНСп-110
	Обозначение по ГОСТ 17479.4-87		
	И-Н-Е-68	И-Н-Е-100	И-Н-Е-220
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	908	910	920
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм²/с	50-70	100-110	175-200
Кислотное число, мг КОН/г, не более	2,0	2,0	2,0
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	190	190	200
застывания, не выше	-20	-20	-15
Трибологические характеристики, не менее:			
индекс задира ($И_з$), Н	304	333	355
нагрузка сваривания (P_c), Н	1960	1960	2200
критическая нагрузка ($P_к$), Н	740	780	780
Испытание на коррозию	Выдерживает		

Примечание. Дополнительно нормируют: содержание механических примесей не более 0,04 %, при этом не допускается наличие абразивных веществ; воды — следы; водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие; зольность 0,15-0,25 %; внешний вид — однородная прозрачная жидкость; адгезионные свойства — видимая липкость.

направляющих либо вертикальных и горизонтальных направляющих при общей системе смазывания.

Масло ИНСп-110 используют для вертикальных направляющих, а также горизонтальных направляющих с вертикальными гранями большой площади.

Кроме основного назначения масла ИНСп можно употреблять для смазывания других узлов станков, таких, как зубчатые и червячные передачи, пиноли, кулачки, храповые механизмы.

Для направляющих скольжения и качения применяют также индустриальные масла общего назначения (см. табл. 6.5). Там, где не требуется масло, обеспечивающее равномерность медленных перемещений и точность установочных движений, а также для гидростатических направляющих, можно применять масла индустриальные общего назначения И-20А, И-30А и И-40А.

Масла И-Т-Д (ТУ 38.1011337—90), разработанные взамен масел серии ИСП и ИСПи (ТУ 38.101293—78), обладают некоторыми противоскачковыми свойствами, что позволяет использовать их для направляющих скольжения ряда станков повышенной и высокой

точности, за исключением станков особо высокой точности и тяжелых. Характеристики масел приведены далее.

Допускается применение масел ИГСп-18 и ИГСп-38 (см. табл. 6.9) для смазывания направляющих скольжения станков, где оно осуществляется маслом из гидравлической системы, и к маслу не предъявляют требований по противоскачковым свойствам.

Масла для тяжелонагруженных узлов

В эту группу входят масла, применяемые для смазывания всех видов зубчатых, червячных и винтовых передач различного промышленного оборудования: металлорежущих и деревообрабатывающих станков, молотов, прессов, литейных и формовочных машин, лебедок, прокатных станов, мостовых кранов, конвейеров, лифтов, подъемников, вращающихся цементных печей, каландров, бумагоделательных машин, угольных комбайнов, текстильных и прядильных машин и др. Условия работы зубчатых передач настолько разнообразны, что для их смазывания требуется весьма широкий ассортимент смазочных материалов. В зависимости от требований к эксплуатационным свойствам применяют масла без присадок или с присадками, улучшающими противозадирные, противоизносные, антиокислительные, антикоррозионные, депрессорные и деэмульгирующие свойства. Для узлов трения промышленного оборудования применяют преимущественно масла без присадок вязкостью от 12 (50 °С) до 52 мм²/с (100 °С).

Ассортимент масел, используемых для смазывания зубчатых передач промышленного оборудования, шире представленного в данном разделе, поскольку для этой цели применяют также моторные, трансмиссионные и некоторые другие масла.

Масла индустриальные общего назначения И-12А, И-12А$_1$, И-20А, И-30А, И-40А, И-50А (ГОСТ 20799–88) — для легко- и средненагруженных зубчатых и червячных передач (эти масла описаны выше и их характеристики даны в табл. 6.5).

Масла цилиндровые тяжелые 38 и 52 (ГОСТ 6411–76) применяют для зубчатых передач (относительно редко), в основном — для тяжелонагруженных и тихоходных передач и передач, работающих при повышенных температурах окружающей среды.

При правильном подборе указанные выше масла без присадок обеспечивают достаточно надежную работу зубчатых передач промышленного оборудования. Однако в некоторых случаях требуемая надежность работы самого масла, а также смазываемого узла не достигаются. Создание более рациональных конструкций машин, в частности, уменьшение их массы, габаритных размеров, материалоемкости при одновременном повышении надежности привело к повышению требований по эксплуатационным свойствам смазочных материалов. Поэтому для зубчатых передач промышленного оборудования применяют легированные масла, учитывая условия эксплуатации в средне- и тяжелонагруженных зубчатых передачах. Это масла серии ИГП (см. табл. 6.7), применение которых по сравнению с маслами без присадок позволяет не только в 2–3 раза сократить расход масла, но и снизить износ поверхностей трения.

Масла редукторные И-Т-Д (ТУ 38.1011337–90) разработаны с целью унификации ассортимента легированных редукторных масел и взамен масел ИСП и ИСПи (ТУ 38.101293–78), ИТП (ТУ 38.1012912–79), ИРп (ТУ 38.101451–78).

Масла И-Т-Д представляют собой нефтяные масла, в основном, из сернистых нефтей с присадками, улучшающими смазывающие, антиокислительные, антикоррозийные, противоизносные и противозадирные свойства. Предназначены для смазывания зубчатых передач и других элементов промышленного оборудования, в которых высокие нагрузки не позволяют применять масла без присадок.

Характеристики масел И-Т-Д приведены в табл. 6.16.

Масло редукторное ИРп-85 (ТУ 38.101853–83) — высокоиндексное нефтяное масло из сернистых нефтей с присадками, улучшающими антиржавейные, противоизносные, противозадирные, адгезионные и антипенные свойства.

Предназначено для смазывания тяжелонагруженных узлов трения автоматических прессов горячей штамповки, зубчатых передач и других элементов промышленного оборудования, в которых высокие нагрузки не позволяют применять масла без присадок.

Масло И-Т-Д-150 (ТУ 38.1011350–91) — нефтяное масло глубокой очистки из сернистых нефтей с присадками, улучшающими вязкостно-температурные, антиокислительные, противоизносные и противозадирные свойства.

Предназначено для смазывания тяжелонагруженных узлов трения и подшипников качения бумагокартоноделательных машин.

6.16. Характеристики редукторных масел И-Т-Д

Показатели	Марка по ГОСТ 17479.4-87					
	И-Т-Д-32	И-Т-Д-68	И-Т-Д-100	И-Т-Д-220	И-Т-Д-460	И-Т-Д-680
	Замененная марка					
	ИСП-25 (ИСПи-25)	ИСП-40 (ИСПи-40) ИРп-40	ИСП-65 (ИСПи-65) ИРп-75	ИСП-110 (ИСПи-110) ИРп-150	ИТП-200	ИТП-300
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	890	900	910	920	925	925
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм²/с	28,8-35,2	61,2-74,8	90-110	198-242	414-506	612-748
Температура, °С:						
вспышки в открытом тигле, не ниже	190	200	210	210	210	210
застывания, не выше	-18	-18	-18	-18	-15	-5
Кислотное число, мг КОН/г, не более	1,2	1,2	1,2	1,2	2,0	2,0
Массовая доля, %, не более:						
механических примесей	Отсутствие				0,01	0,01
воды	Следы				0,06	0,06
Цвет, ед. ЦНТ, не более	4,5	5,0	6,0	8,0	8,0	-
Зольность, %, не более	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,8
Трибологические характеристики:						
индекс задира ($И_з$), Н, не менее	392	392	441	490	539	539
показатель износа ($Д_и$), мм, не более	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Испытание на коррозию	Выдерживает					

Масло ИТп-500 (ТУ 38.101450—76) — высоковязкое нефтяное масло селективной очистки с присадками, улучшающими антиокислительные, антикоррозионные и противоизносные свойства.

Предназначено для смазывания подшипников валков каландров.

Характеристики масел ИРп-85, И-Т-Д-150, ИТп-500 приведены в табл. 6.17.

Масла И-Т-С(пр) (ТУ 0253-013-00151911—97 взамен ТУ 38.1011339—90) — нефтяные масла из сернистых нефтей с присадками, улучшающими вязкостно-температурные, деэмульгирующие,

6.17. Характеристики масел ИРп-85, И-Т-Д-150, ИТп-500

Показатели	ИРп-85	И-Т-Д-150	ИТп-500
	Обозначение по ГОСТ 17479.4-87		
	И-Т-Д-150(мп)	И-Т-Д-150	И-Т-С-1000
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	910	905	920
Вязкость кинематическая, мм²/с:			
при 40 °С	135–150	135–165	-
при 50 °С	-	-	470–620
Индекс вязкости, не менее	90	90	-
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	200	220	275
застывания, не выше	-10	-15	-10
Кислотное число, мг КОН/г, не более	2,0	1,0	2,0
Массовая доля, %, не более:			
воды	Отсутствие	Следы	0,06
механических примесей	Отсутствие	0,02	0,02
Зольность, %, не более	-	-	0,50
Коксуемость, %, не более	0,8	0,9	2,5
Трибологические характеристики:			
индекс задира ($И_з$), Н, не менее	490	470	-
показатель износа ($Д_и$), мм, не более	0,50	0,40	0,45
Коррозионное воздействие на металлы	Выдерживает		
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	-	Отсутствие
Цвет, ед. ЦНТ, не более	6,0	-	-

противоизносные, антипенные, антиокислительные и антикоррозионные свойства.

Масло И-Т-С-100(пр) предназначено для смазывания подшипников жидкостного трения (ПЖТ) и редукторов высокоскоростных прокатных станов, в том числе фирмы «Скет»; масла И-Т-С-150(пр) и И-Т-С-220(пр) предназначены для смазывания тяжелонагруженных узлов трения, зубчатых передач и подшипников качения сушильной части бумагокартоноделательных машин.

Характеристики масел И-Т-С-(пр) приведены в табл. 6.18.

Масла для тяжелонагруженных узлов с твердыми добавками (табл. 6.19)

Масло И-Т-Д-680(Мо) (ТУ 38.1011265—89) — остаточное нефтяное масло селективной очистки из сернистых нефтей с компо-

19 -- 1890

6.18. Характеристики масел И-Т-С(пр)

Показатели	И-Т-С-100(пр)	И-Т-С-150(пр)	И-Т-С-220(пр)
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	890	890	900
Вязкость кинематическая, мм²/с:			
при 40 °С	80,0-110,0	135,0-165,0	198,0-242,0
при 100 °С	9,5-11,0	12,5-15,5	17,5-20,5
Индекс вязкости, не менее	98	90	90
Кислотное число, мг КОН/г	0,8-1,2	0,8-1,2	0,8-1,2
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	200	220	225
застывания, не выше	-18	-15	-15
Массовая доля механических примесей, %, не более	Отсутствие		0,010
Цвет, ед. ЦНТ, не более	5,5	6,0	6,5
Дезмульгирующие свойства:			
время расслоения эмульсии, мин, не более	25	35	45
объем слоев (масло — вода — эмульсия), см³, не более	(40-37-3)	(40-37-3)	(40-37-3)
Стабильность против окисления:			
изменение вязкости при 100 °С, %, не более	-	2,0	3,0
изменение кислотного числа, мг КОН/г, не более	-	0,10	0,15
содержание осадка	-	Отсутствие	
Трибологические характеристики:			
индекс задира ($И_з$), Н, не менее	Не нормируется Определение обязательно		
показатель износа ($Д_и$), мм, не более	0,35	0,35	0,35

Примечания. 1. Обозначение масел И-Т-С(пр) — по ГОСТ 17479.4-87.
2. Для всех марок масел нормируется: внешний вид — однородная прозрачная жидкость; содержание воды — отсутствие; коррозионное воздействие на металлы — выдерживает.

зицией присадок, улучшающих смазывающие свойства. Содержит твердую добавку — дисульфид молибдена. Предназначено для смазывания редукторных систем металлургического оборудования, работающих в условиях высоких температур (до 250 °С), и применяется с целью снижения износа и увеличения срока службы оборудования.

Масло И-Т-Д-1000(С) (ТУ 38.1011227–89) — масло из сернистых нефтей с композицией присадок, улучшающих смазывающие свойства. Содержит твердую добавку — графит. Предназначено для смазывания крупногабаритных открытых зубчатых передач углепомольных мельниц с целью снижения износа и увеличения срока службы оборудования.

6.19. Характеристики масел И-Т-Д с твердыми добавками

Показатели	И-Т-Д-680(Мо)	И-Т-Д-1000(С)
Плотность при 20 °С, кг/м³, не менее	900	930
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм²/с, не менее	612	930
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	230	220
застывания, не выше	-6	[*]
Кислотное число, мг КОН/г, не более	4,5	[*]
Массовая доля твердой добавки, % :		
MoS_2	≥0,5	-
графита	-	1,0-2,0
Коксуемость, %, не более	4,0	-
Трибологические характеристики:		
индекс задира ($И_з$), Н, не менее	[*]	-
показатель износа ($Д_и$), мм, не более	-	[*]
Коррозионное воздействие на металлы	[*]	-

Примечания. 1. Для масел И-Т-Д-680(Мо) и И-Т-Д-1000(С) содержание воды — соответственно отсутствие и следы.
2. [*] — показатель не нормируется, определение обязательно.

Масла для прокатных станов

В данную группу входят масла, применяемые в современных прокатных станах, которые оборудованы циркуляционными смазочными системами с трубопроводами большой протяженности. Из-за разветвленности циркуляционной системы с маслопроводами малых сечений, а также возможного попадания в масло воды к антиокислительной стабильности и деэмульгирующей способности масла предъявляют повышенные требования. Условия работы по нагрузкам и скоростям прокатных станов настолько разнообразны, что для них необходим весьма широкий ассортимент смазочных материалов. Наметившаяся тенденция повышения нагрузок и скоростей при прокатке металлов обусловили улучшение эксплуатационных свойств масел для тяжелонагруженных подшипников жидкостного трения (ПЖТ) валков прокатных станов путем введения функциональных присадок. При этом масла с присадками наряду с повышенной несущей способностью должны иметь антиокислительные, антикоррозионные и деэмульгирующие свойства. Применение таких масел

позволяет увеличить производительность прокатных станов и ресурс работы подшипников жидкостного трения.

Разработаны и допущены к применению три марки масел, различающиеся уровнем вязкости при 100 °С: И46ПВ, И220ПВ, И460ПВ. Для прокатного оборудования вырабатывают масла без присадок вязкостью при 100 °С от 11 до 40 мм²/с и легированные.

Масла без присадок (табл. 6.20)

Вапора облегченные 13, 25, 30 (ТУ 38.101361–73) получают смещением высоковязкого остаточного масла (цилиндрового тяжелого 52, см. ниже) с индустриальными маслами общего назначе-

6.20. Характеристики масел без присадок для прокатных станов

Показатели	Вапора облегченные			ПС-28	И 460А	П-40
	13	25	30	Обозначение по ГОСТ 17479.4-87		
				И-Т-А-460	И-Т-А-460	И-Т-А-680
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	-	-	-	930	912	-
Вязкость кинематическая, мм²/с:						
при 40 °С	-	-	-	-	350-500	-
при 100 °С	11,4-14,5	24,5-27,0	30,0-33,0	26,0-30,0	24,0-27,0	32,0-44,0
Индекс вязкости, не менее	-	-	-	80	83	80
Кислотное число, мг КОН/г, не более	-	-	-	0,02	0,02	0,02
Температура, °С:						
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	190	190	250	270	280
застывания, не выше	-10	-10	-5	-10	-10	-10
Массовая доля, %, не более:						
воды	0,06	0,06	0,06	Отсутствие		Следы
механических примесей	0,01	0,01	0,01		Отсутствие	
серы	-	-	-	1,5	1,1	1,8
Коксуемость, %, не более	2,0	2,0	2,5	-	0,8	1,6
Цвет, ед. ЦНТ, не более	-	-	-	-	6,0	-
Стабильность против окисления:						
приращение кислотного числа, мг КОН/г, не более	-	-	-	-	0,16	-
приращение смол, %, не более	-	-	-	-	4,0	-

Примечания. 1. Зольность вапоров не более 0,015 %.
2. Масла ПС-28 и П-40 испытание на коррозию стальных пластинок выдерживают.

ния без присадок И-20А и И-40А или путем очистки масляного полугудрона малосернистых нефтей. Применяют для прокатного оборудования при давлениях на поверхностях трения 60–120·10³ Н.

Масло ПС-28 (ГОСТ 12672–77) — остаточное масло из сернистых нефтей селективной очистки; получают смешением высоковязкого остаточного компонента из деасфальтизата первой и второй ступеней. Применяют для редукторов и тяжелонагруженных узлов прокатного оборудования, для оборудования шинных заводов и др.

Масло базовое остаточное И 460А (ТУ 38.1011167–88) — высоковязкое масло глубокой селективной очистки из западносибирских нефтей. Предназначено для получения индустриальных масел с присадками И-100Р(С), И-Т-С-320(мт), И 460ПВ и др. По согласованию с потребителем масло И 460А может применяться для смазывания промышленного оборудования наряду и взамен масла ПС-28 по ГОСТ 12672–77.

Масло П-40 (ТУ 38.101312–78) — высоковязкое остаточное масло из сернистых нефтей селективной очистки. Предназначено для редукторов тяжелых прокатных станов и других тяжелонагруженных механизмов, для которых требуется высоковязкое очищенное масло.

Легированные масла (табл. 6.21)

Масла И 46ПВ, И 220ПВ, И 460ПВ (ТУ 38.101908–85) — нефтяные масла селективной очистки, в основном из сернистых нефтей, с присадками, улучшающими защитные, антиокислительные, деэмульгирующие и антипенные свойства. Предназначены для смазывания подшипников жидкостного трения (ПЖТ) прокатных станов.

Масло И-100Р(С) (ТУ 38.101901–86) — смесь остаточного и дистиллятного масел из сернистых нефтей селективной очистки с присадками, улучшающими противозадирные и депрессорные свойства. Предназначено для смазывания тяжелонагруженных зубчатых передач прокатных станов.

Масла цилиндровые

Основное назначение цилиндровых масел (табл. 6.22) — смазывание горячих частей паровых машин (локомобилей, судовых и стационарных машин, паровых молотов, копров и др.). Цилиндровое масло должно хорошо распыляться, равномерно

6.21. Характеристики легированных масел для прокатных станов

Показатели	И 46ПВ	И 220ПВ	И 460ПВ	И-100Р(С)
	Обозначение по ГОСТ 17479.4–87			
	И-Т-В-46	И-Т-В-220	И-Т-В-460	И-Т-Д-100(пр)
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	890	900	920	900
Вязкость кинематическая, мм²/с:				
при 40 °С	41,5-50,5	198-242	414-520	90-110
при 100 °С	6,5-7,5	17,5-20,0	26,0-31,0	-
Индекс вязкости, не менее	98	95	90	87
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	220	240	200
застывания, не выше	-10	-10	-10	-18
Кислотное число, мг КОН/г	0,1-0,3	0,2-0,4	0,2-0,4	≤0,3
Массовая доля, %, не более:				
механических примесей	0,007	0,010	0,015	0,007
воды		Отсутствие		Следы
Коксуемость, %, не более	0,2	0,5	1,0	-
Антикоррозионные свойства:				
степень коррозии		Отсутствие		-
Испытание на коррозию меди и стали	-	-	-	Выдерживает
Дезмульгирующие свойства:				
время расслоения эмульсии, мин, не более	20	20	40	-
объем слоев (масло-вода-эмульсия), см³, не более	(40-37-3)	(40-37-3)	(40-37-3)	-
Стабильность против окисления:				
изменение вязкости, %, не более	5	10	10	-
изменение кислотного числа, мг КОН/г, не более	0,10	0,15	0,40	-

Примечания. 1. Для всех марок масел И-Т-В содержание механических примесей при заказе для импортных станов — отсутствие; наличие абразивных веществ в маслах не допускается.

2. Стабильность против окисления гарантируется заводом-изготовителем и определяется два раза в год в ОАО «СвНИИНП».

распределяться по площадям трения и не должно образовывать нагара, что обусловливается стойкостью масла против окисления кислородом воздуха при высоких температурах. Этот показатель зависит от химического состава масла, т. е. от свойств сырья и способа получения. Масло не должно вызывать коррозии металлических поверхностей и должно сохранять текучесть при низких температурах.

6.22. Характеристики цилиндровых масел

Показатели	Цилиндровые тяжелые	
	38	52
Плотность, кг/м³, не более	930	930
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	32-50	50-70
Индекс вязкости, не менее	60	80
Кислотное число,мг КОН/г,не более	0,4	0,2
Температура,°С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	300	310
застывания, не выше	17	-5
Массовая доля, %, не более:		
воды	0,05	0,05
механических примесей	Отсутствие	0,007
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	
Зольность, %, не более	0,015	0,01
Коксуемость, %, не более	2,5	2,5
Испытание на коррозию стальных пластинок	Выдерживает	

Примечания. 1. По согласованию с потребителем масло цилиндровое 52 допускается вырабатывать: из казахстанских нефтей зольностью не более 0,15 %, $t_{всп}$ ≥305 °С и $t_{заст}$ ≤ 5 °С; из мартышинской нефти — $t_{заст}$ ≤ 10 °С (для ее снижения допускается добавление не более 0,5 % депрессатора АФК,АзНИИ-ЦИАТИМ-1 или другого,более эффективного депрессатора).

2. Для масла цилиндрового 38 из бакинских нефтей индекс вязкости и показатель «коррозия стали» не определяют.

Масло цилиндровое тяжелое 38 (ГОСТ 6411–76) — дистиллятное масло, полученное при перегонке со щелочью масляного гудрона легкой балаханской нефти. Используют для поршневых паровых машин различного назначения, работающих с перегретым до 350 °С паром.

Масло цилиндровое тяжелое 52 (ГОСТ 6411–76) — остаточное масло из малосернистых нефтей сернокислотной и селективной очистки. Применяют для поршневых паровых машин различного назначения, работающих с перегретым до 400 °С (и выше) паром. Отличается от масла цилиндрового 38 более высокими вязкостью, температурами вспышки и застывания, пониженной зольностью.

Масла специального назначения

В группу специальных масел включены нефтяные и синтетические масла с присадками, предназначенные для использования в узких областях или специфических условиях.

Масло И-68СХ (ТУ 38 101775–81) — масло из сернистых нефтей с композицией присадок, улучшающих противоизносные, антиокислительные, защитные и эмульгирующие свойства. Применяют для смазывания пневматических перфораторов буровых установок, используемых для бурения шпуров и скважин по высокообразивным рудам и породам.

Масло И-Т-С-320(мт) (ТУ 0253-008-00151911–94 взамен ИМТ-160 по ТУ 38.101674–78) представляет собой остаточное масло из сернистых нефтей селективной очистки с композицией присадок, улучшающих противозадирные, противоизносные, антиокислительные и антипенные свойства, эффективность туманообразования. Предназначено для смазывания методом масляного тумана (МТ) и жидкого смазывания металлургического оборудования.

Характеристики масел И-68СХ и И-Т-С-320(мт) приведены в табл. 6.23.

6.23. Характеристики масел И-68СХ и И-Т-С-320(мт)

Показатели	И-68СХ	И-Т-С-320(мт)
	Обозначение по ГОСТ 17479.4-87	
	И-Т-С-68(пер)	И-Т-С-320(мт)
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	-	910
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм²/с	61,2-74,8	288-352
Кислотное число, мг КОН/г, не более	2,0	4,0
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	200	210
застывания, не выше	-27	-10
Массовая доля, %, не более:		
воды	Следы	Отсутствие
механических примесей	0,016	Отсутствие
цинка	0,08-0,13	-
Зольность, %, не более	0,50	0,70
Коксуемость, %, не более	-	1,40
Трибологические характеристики:		
индекс задира ($И_з$), Н, не менее	-	539
нагрузка сваривания ($Р_с$), Н, не менее	-	3087
показатель износа ($Д_и$), мм, не более	-	0,50

Примечание. Для масла И-68СХ нормируют: содержание водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие; испытание на коррозию меди — выдерживает; эмульгируемость — время до начала расслоения эмульсии не менее 15 мин.



Масла И-Л-С-220(Мо) и И-Л-Д-1000 (ТУ 0253-005-00151911–93 взамен масел ИЦп-20 и ИЦп-40 по ТУ 38.101482–74) — очищенные остаточные масла из сернистых нефтей селективной очистки. Масло И-Л-С-220(Мо) (взамен ИЦп-20) содержит адгезионную, противозадирную и противоржавейную присадки и дисульфид молибдена. Масло И-Л-Д-1000 (взамен ИЦп-40) содержит адгезионную, противофрикционную и противоржавейную присадки. Оба масла служат для смазывания цепей подвесных напольных конвейеров, периодически проходящих через сушильные камеры, температура в которых поддерживается на уровне 180–200 °С.

Масла серии ИМСп — дистиллятные и остаточные масла из сернистых нефтей селективной очистки.

Масло ИМСп-32 (ТУ 38 1011006–84) содержит присадки, улучшающие термическую стабильность и антифрикционные свойства. Предназначено для смазывания форм при изготовлении стеклянных деталей цветных кинескопов.

Масло ИМСп-46 (ТУ 38 1011007–84) содержит присадки, улучшающие при высокой температуре (500 °С) смазывающие, антиокислительные и антифрикционные свойства. Предназначено для смазывания форм горловых колец стеклоформующих машин при производстве стеклотары для детского питания.

Масло ИМСп-220 (ТУ 38 101892-81) содержит присадки, улучшающие смазывающие, антиокислительные и антифрикционные свойства. Предназначено для смазывания форм стеклоформующих машин при производстве стеклотары механическим способом.

Характеристики масел И-Л-С-220(Мо), И-Л-Д-1000, ИМСп-32, ИМСп-46, ИМСп-220 приведены в табл. 6.24.

Масла для текстильного оборудования (табл. 6.25)

Масло индустриальное И-Л-С-22(вс) (ТУ 38.1011352–91) — нефтяное дистиллятное масло с композицией присадок: противоизносной, антиокислительной, антипенной, вязкостной и ингибитором коррозии. Предназначено для обеспечения работоспособности пар трения высокоскоростных швейных машин, работающих с частотой вращения вала до 10000 мин$^{-1}$.

Масла индустриальные И-Л-Д(вр) (ТУ 38.1011330–90) — нефтяные дистиллятные масла с антиокислительной, антикоррозионной, противоизносной, противозадирной, антипенной присадками и специальными эмульгирующими добавками.

6.24. Характеристики масел И-Л-С-220(Мо), И-Л-Д-1000 и серии ИМСп

Показатели	И-Л-С-220(Мо)	И-Л-Д-1000	ИМСп-32	ИМСп-46	ИМСп-220
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	1005	930	880	1000	930
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм²/с	155-165	860-920	21-24	40-52	135-165*
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,30	0,40	-	-	-
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не ниже	240	250	180	200	210
застывания, не выше	-10	-10	-	-	-
Массовая доля, %:					
MoS_2 ($\leq$ 1 мкм)	0,5-0,6	-	-	-	-
графита	-	-	0,65-1,0	-	-
осадка	-	-	-	10,0-12,0	-
серы	-	1,3-2,5	-	-	-
антифрикционного наполнителя	-	-	-	-	5,5-5,7
Зольность, %, не более	0,45	-	0,01	0,50	-

* В состоянии поставки кинематическую вязкость определяют без графита.

Предназначены для смазывания швейных и прядильных машин, трикотажных автоматов, ткацких станков.

Масло МКМ-110 (ТУ 38.1011011–85) — смесь остаточного очищенного масла и полибутена молекулярной массой 2500–4000 с добавлением композиции присадок, улучшающих эксплуатационные свойства масла. Предназначено для смазывания спеченных подшипников скольжения плавильных валков каштровальных машин и оборудования по переработке пластмасс, работающего в условиях высоких температур и повышенных нагрузок, а также для смазывания цепей сушильно-ширильных стабилизационных машин в текстильном производстве.

Полусинтетические бытовые масла (табл. 6.26)

Масла МБТ (ТУ 38.1011063–86) для бытовой техники — смесь нефтяного смазочного масла и эфирного компонента с добавлением композиции присадок, улучшающих эксплуатационные свойства. Предназначены для пропитки спеченных самосмазывающихся

6.25. Характеристики масел для текстильного оборудования

Показатели	И-Л-С-22(вс)	И-Л-Д-22(вр)	И-Л-Д-32(вр)	И-Л-Д-68(вр)	И-Л-Д-100(вр)	МКМ-110
Плотность при 20 °С, кг/м³, не менее	860	870	870	880	890	920
Вязкость кинематическая, мм²/с:						
при 40 °С	19-25	19-25	29-35	61-75	90-110	-
при 100 °С	-	-	-	-	-	100-120
Индекс вязкости, не менее	-	90	90	90	90	-
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,1	2,0	2,0	2,0	2,0	0,15
Температура, °С:						
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	170	180	200	200	220
застывания, не выше	-12	-	-	-	-	-10
Массовая доля, %, не более:						
механических примесей	Отсутствие					0,06
воды	Отсутствие	-	-	-	-	Следы
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,0	5,0	4,0	5,0	7,0	7,0
Зольность, %, не более	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	-
Коксуемость, %, не более	-	-	-	-	-	0,7
Трибологические характеристики:						
показатель износа ($Д_и$), мм, не более	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4

Примечание. Для масел И-Л-С-22(вс) и всех марок И-Л-Д(вр) смываемость водой — хорошая; степень коррозии — отсутствие.

6.26. Характеристики масел для бытовой техники

Показатели	МБТ-7	МБТ-9
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	980	930
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	6-7	9-10
Индекс вязкости, не менее	100	95
Кислотное число, мг КОН/г	0,4-3,4	0,2-1,2
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	210	210
застывания, не выше	-40	-20
Зольность, %, не более	0,08	0,04

Примечание. Для масел МБТ-7 и МБТ-9 нормируют: внешний вид — однородная прозрачная жидкость; содержание воды и механических примесей — отсутствие; показатель износа $Д_и \leq 0{,}4$ мм; испаряемость при 120 °С в течение 96 ч не более 2,5%.

подшипников скольжения в приборах с приводами малой мощности (звукозаписывающие, проигрывающие устройства, вентиляторы, активаторы и др.).

Масла рабоче-консервационные (табл. 6.27)

Масла ТМ-3-18(чрк) (ТУ 38.1011334-90) — рабоче-консервационные для червячных редукторов. Предусмотрены две марки масел ТМ-3-18(чрк): всесезонное и летнее.

Масло ТМ-3-18(чрк) всесезонное — масло из сернистых нефтей с присадками, улучшающими противоизносные, противозадирные, антифрикционные, антиокислительные, защитные, низкотемпературные и антипенные свойства. Предназначено как рабоче-консервационное для червячных редукторов специальных подъемников.

Масло ТМ-3-18(чрк) летнее — масло из сернистых нефтей с присадками, улучшающими противоизносные, противозадирные, антиокислительные, защитные и антипенные свойства. Предназначено как рабоче-консервационное для червячных редукторов, лифтов жилых и промышленных объектов.

6.27. Характеристики рабоче-консераационных масел ТМ-3-18(чрк)

Показатели	ТМ-3-18(чрк)	
	всесезонное	летнее
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	906	906
Вязкость.		
кинематическая при 100 °С, мм²/с	20-24	20-24
динамическая при -18 °С, Па·с. не более	150	-
Кислотное число, мг КОН/г, не более	3,8	3,8
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	200	200
застывания, не выше	-25	-12
Массовая доля, %, не более:		
механических примесей	0,1	0,1
воды	Следы	
Коррозионное воздействие на медь, балл, не более	2с	2с

Примечание. Для масел ТМ-3-18(чрк) определяют термоокислительную стабильность: относительное изменение кинематической вязкости не более 10 %, массовая доля осадка в окисленном масле не более 1,0 %; трибологические характеристики не нормируют, определение обязательно для накопления данных.



Жидкости формовочные ТСП и СЖФ-9 (табл.6.28)

Жидкость технологическая ТСП (ТУ 38.1011143—88) — гомогенная смесь депарафинированного компонента дизельного топлива, ингибитора коррозии и присадки, снижающей адгезию бетона и гипса к стальной форме. Предназначена для смазывания литейных стальных форм при производстве гипсовых изделий.

Жидкость СЖФ-9 смазочная формовочная (ТУ 38.1011253—89) — смесь, состоящая из основы жидкости РЖ-8, антифрикционного компонента и многофункциональной противоизносной, антиокислительной присадки. Предназначена для применения в качестве антифрикционного разделительного покрытия в литейных производствах автомобильной промышленности при изготовлении сырых разовых песчано-глинистых форм в условиях автоматизированного и поточно-механизированного производства отливок.

Защитные жидкости Предокол и АГ-5И (табл. 6.29)

Жидкость Предокол (ТУ 38.101132—78) — нефтяная фракция (280—340 °С), содержащая вязкостную, маслорастворимую сульфонатную и антикоррозионную присадки. Применяют при предвари-

6.28. Характеристики формовочных жидкостей

Показатели	ТСП	СЖФ-9
Внешний вид	Прозрачная жидкость	Жидкость от желтого до коричневого цвета
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	840	860
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм²/с	≤4,1	7,5-11,0
Кислотное число, мг КОН/г	≥13,0	8,0-14,0
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	63	120
застывания, не выше	-30	-3
Массовая доля цинка, %, не менее	-	0,1
Коррозионное воздействие на стальные пластинки	Выдерживает	
Зольность, %, не более	-	0,5

Примечание. Для жидкости ТСП нормируют содержание механических примесей, воды, водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие.

6.29. Характеристики защитных жидкостей

Показатели	Предокол	АГ-5И
Внешний вид	Однородная прозрачная жидкость коричневого цвета	Однородная прозрачная жидкость
Плотность при 20 °С, кг/м³	857-880	850-900
Вязкость кинематическая, мм²/с, при температуре:		
20 °С, не более	16,0	-
50 °С, не более	8,0	-
100 °С, не менее	-	230
Кислотное число, мг КОН/г, не более	Отсутствие	-
Температура вспышки, °С, не ниже:		
в открытом тигле	-	165
в закрытом тигле	115	-
Массовая доля, %, не более:		
механических примесей	Отсутствие	0,2
воды	Следы	-
водорастворимых кислот и щелочей	-	Отсутствие

Примечания. 1. Для жидкости Предокол: испытание на коррозию медной пластинки — не более 1а балла; защитная способность от влаги — максимально две коррозионные точки ∅ ≤ 1 мм; число омыления не более 6,0 мг КОН/г.

2. Для жидкости АГ-5И обязательно определение цвета в ед. ЦНТ для накопления данных.

тельной вальцовке листового материала перед штамповкой, для защиты металлических панелей и других деталей во время коротких периодов хранения в закрытых помещениях, а также как жидкость для мойки.

Жидкость защитная (герметик АГ-5И) (ТУ 0258-014-00151911—97) — раствор высокомолекулярного полимера в нефтяном масле. Предназначена для защиты от коррозии металлических баков-аккумуляторов, применяемых в системах горячего водоснабжения с температурой воды до 100 °С, а также для предотвращения насыщения подпиточной горячей воды кислородом и углекислым газом атмосферы и ее испарения.

Масла-компоненты и рабочие жидкости

Масла-компоненты (ТУ 38.1011275—89) представляют собой очищенные дистиллятные и остаточные масла или смесь дистиллятных и остаточных нефтяных масел. Не содержат присадок. Предназначены для применения в производстве масел с присадками, масляных смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), пластичных смазок, присадок и для технологических нужд (табл. 6.30 и 6.31).

Масла вакцинные (ТУ 0253-002-00151911—93) марок «М» и «С» — высокоочищенные масла, полученные путем глубокого гидрирования газойлевых фракций западносибирских нефтей с последующей ректификацией и доочисткой. Предназначены для применения в качестве компонентов в эмульсионных противовирусных и противобактериальных биопрепаратах. Масло марки «М» (мало-

6.30. Характеристики масел-компонентов, применяемых для производства СОТС, масел с присадками, присадок и для технологических нужд

Показатели	И-5Ас	И-8Ас	И-12Ас	И-20Ас	И-40Ас
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	890	900	890	890	900
Вязкость кинематическая при 50 °С, мм²/с	4-5	6-8	12-14	17-23	35-45
Индекс вязкости, не ниже	-	-	95	90	85
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не ниже	120	130	170	190	200
застывания, не выше	-15	-15	-30	-15	-15
Массовая доля, %, не более:					
серы в маслах из сернистых нефтей	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1
воды	Следы				
Цвет, ед.ЦНТ, не более	1,5	2,0	2,0	2,5	4,0
Стабильность против окисления:					
приращение кислотного числа окисленного масла, мг КОН/г, не более	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
приращение смол, %, не более	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0

Примечания. 1. Для всех марок масел зольность не более 0,005%, содержание механических примесей и растворителей в маслах селективной очистки — отсутствие.

2. Допускается выработка масел-компонентов, получаемых из казахстанских нефтей, с кислотным числом не более 0,08 мг КОН/г и применением депрессатора не более 0,5%.

6.31. Характеристики масел-компонентов, применяемых для производства пластичных смазок

Показатели	И-12Ап	И-20Ап	И-30Ап	И-40Ап	И-50Ап
Плотность при 20 °С, кг/м^3, не более	890	890	890	900	910
Вязкость кинематическая при 50 °С, мм^2/с	12-14	17-23	28-33	35-45	47-55
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не ниже	170	190	190	200	200
застывания, не выше	-30	-15	-15	-15	-15
Массовая доля, %, не более:					
серы в маслах из сернистых нефтей	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1
воды			Следы		
Цвет, ед. ЦНТ, не более	3,0	4,0	4,0	4,5	6,0
Стабильность против окисления:					
приращение кислотного числа окисленного масла, мг КОН/г, не более	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
приращение смол, %, не более	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0

Примечания. 1. Для всех марок масел: зольность не более 0,005 %; содержание механических примесей и растворителей в маслах селективной очистки — отсутствие; индекс вязкости 80-85; кислотное число не более 0,05 мг КОН/г.

2. Допускается по согласованию с потребителем вырабатывать масло И-50Ап с $t_{заст}$ не выше -20 °С.

3. Допускается выработка масел-компонентов, получаемых из казахстанских нефтей, с кислотным числом не более 0,08 мг КОН/г.

вязкое) применяют при изготовлении вакцин для мелкого рогатого скота и свиней, марки «С» (средневязкое) — при изготовлении вакцин для крупнорогатого скота и птиц.

Масло МКД для дефектоскопии (ТУ 0253-003-00151911—93) — продукт глубокого гидрирования нефтяной фракции с последующей доочисткой. Предназначено для приготовления масляной магнитно-люминисцентной суспензии при дефектоскопии деталей.

Характеристики масел приведены в табл. 6.32.

Жидкость РЖ-3 (ТУ 38.101964—83) — маловязкая глубокогидрированная фракция из сернистых нефтей. Применяют в качестве рабочей жидкости в электроэрозионных станках малой мощности (вместо различных керосинов) на операциях механосборочного производства (хонингование, доводка, полирование, промывка) а также в качестве разбавителя в экстракционных системах (табл. 6.33).

6.32. Характеристики масел из продуктов глубокого гидрирования нефтяных фракций

Показатели	Вакцинное «М» (маловязкое)	Вакцинное «С» (средневязкое)	МКД
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм^2/с	6,0-8,5	11,0-20,0	6,0-8,5
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,1	Отсутствие	-
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	110	120	-
вспышки в закрытом тигле, не ниже	-	-	120
застывания, не выше	0	-15	-10
Массовая доля, %, не более:			
ароматических углеводородов	2,0	0,5	2,0
серы	0,001	0,0002	-
Цвет, ед. ЦНТ, не более	-	-	0,5
Запах	Слабый, не раздражающий		-

Примечание. Для масла МКД нормируют: содержание воды и механических примесей — отсутствие; температура начала кипения не менее 210 °С, конца кипения не более 350 °С.

6.33. Характеристики рабочих жидкостей для электроэрозионных станков

Показатели	РЖ-3	РЖ-8
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм^2/с	<3,0	6,0-7,5
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,5	0,03
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	80	120
застывания, не выше	-20	-10
Коксуемость, %, не более	Отсутствие	0,05
Массовая доля, %, не более:		
ароматических углеводородов	5,5	5,5
серы	0,03	0,001
воды	Отсутствие	-
механических примесей	Отсутствие	
Цвет, ед. ЦНТ, не более	-	1,0
Испытание на коррозию медной пластинки	Выдерживает	

Примечание. Для жидкости РЖ-3 определяют: внешний вид — бесцветная прозрачная жидкость с незначительной опалесценцией; кислотность не более 0,5 мг КОН/100 см^3; йодное число не более 0,5 г йода/100 г; температура начала кипения не ниже 265 °С, выкипает до 350 °С не менее 95%.

20 - - 1890



Жидкость РЖ-8 (ТУ 38.101964–83) — маловязкая глубокогидрированная фракция из сернистых нефтей. Применяют в качестве рабочей жидкости в электроэрозионных станках средней и большой мощности, а также в качестве смазочно-охлаждающей жидкости на токарных и доводочных операциях механосборочного производства. Возможно использование РЖ-8 в качестве разбавителя диоктилфталата, применяемого в производстве поливинилхлоридного трехштрихового промазного линолеума на тканевой основе (см. табл. 6.33).

7 ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ

Назначение смазок

Основное назначение смазок — уменьшение износа поверхностей трения для продления срока службы деталей машин и механизмов. Наряду с этим смазки выполняют другие функции. В отдельных случаях они не столько уменьшают износ, сколько упорядочивают его, предотвращая задир, заедание и заклинивание поверхностей трения. Смазки препятствуют проникновению к поверхностям трения агрессивных жидкостей, газов и паров, а также абразивных частиц (пыли, грязи и т.п.). Почти все смазки выполняют защитные функции, предотвращая коррозию металлических поверхностей. Благодаря антифрикционным свойствам смазки существенно уменьшают энергетические «затраты» на трение, что позволяет снизить потери мощности машин и механизмов. Для защиты металлических изделий, машин и оборудования от коррозии при их транспортировании и длительном хранении применяют специальные консервационные смазки. Производят также рабоче-консервационные смазки, их не заменяют перед началом эксплуатации техники на антифрикционные смазки.

Для герметизации зазоров в механизмах и оборудовании, а также соединений трубопроводов и запорной арматуры применяют уплотнительные смазки. Они обладают лучшими герметизирующими свойствами, чем масла.

Иногда к смазкам предъявляют специальные требования, например, они должны увеличивать коэффициент трения, выполнять роль изоляционных или токопроводящих материалов, обеспечивать работу узлов трения в условиях

радиации, глубокого вакуума и т.п. Такие смазки относят к смазкам специального назначения.

Основные условия и объекты применения смазок:

открытые и негерметизированные узлы трения;

труднодоступные узлы трения;

механизмы, расположенные под переменным углом к горизонту;

узлы трения, где невозможна частая замена смазочного материала;

переменный скоростной режим эксплуатации машин;

вынужденный контакт узла трения или защищаемой поверхности с водой либо агрессивными средами;

условия резко изменяющегося температурного режима;

герметизация подвижных уплотнений, сальников и резьбовых соединений;

длительная консервация машин, оборудования, приборов и металлических изделий;

необходимость упростить конструкцию, уменьшить массу и размер смазываемых устройств.

Для консервации применяют 14 % производимых смазок, для герметизации — 2 %. Остальные смазки используют в качестве антифрикционных смазочных материалов для уменьшения трения и износа деталей.

Состав смазок

Смазки состоят из жидкой основы (дисперсионной среды), твердого загустителя (дисперсной фазы) и различных добавок. Кроме этих составляющих в смазках присутствуют другие компоненты. Например, в составе гидратированных кальциевых смазок присутствует вода как стабилизирующий компонент. В некоторых мыльных смазках содержатся глицерин, выделившийся при омылении жиров, продукты окисления масляной основы, образовавшиеся при термообработке смазки, а также свободные кислоты или щелочи. Для улучшения эксплуатационных свойств в состав смазок вводят присадки различного функционального назначения и твердые добавки. Таким образом, смазки представляют собой сложные многокомпонентные системы, основные свойства которых определяются свойствами дисперсионной среды, дисперсной фазы, присадок и добавок.

Дисперсионная среда. В качестве дисперсионной среды смазок используют различные смазочные масла и жидкости. Большинство смазок

(около 97 %) готовят на нефтяных маслах. В смазках, работающих в специфических и экстремальных условиях, применяют синтетические масла — кремнийорганические жидкости, сложные эфиры, фтор- и фторхлоруглероды, синтетические углеводородные масла, полиалкиленгликоли, полифениловые эфиры. Широкое применение таких масел ограничено из-за их дефицитности и высокой стоимости. В отдельных случаях в качестве дисперсионной среды применяют растительные масла, например, касторовое масло.

Многие свойства смазок зависят от свойств дисперсионной среды. Природа, химический, групповой и фракционный составы дисперсионной среды существенно влияют на структурообразование и загущающий эффект дисперсной фазы, а, следовательно, на реологические и эксплуатационные свойства смазок. От свойств дисперсионной среды зависят работоспособность смазок в определенных интервалах температур, силовых и скоростных нагрузок, их окисляемость, коллоидная стабильность, защитные свойства, устойчивость к агрессивным средам, радиации, а также набухаемость контактирующих со смазками изделий из резины и полимеров. Низкотемпературные свойства смазок (вязкость при отрицательных температурах, пусковой и установившийся крутящие моменты) зависят от вязкости дисперсионной среды при низких температурах, а испаряемость — от молекулярной массы, фракционного состава, температуры вспышки дисперсионной среды и продолжительности температурного воздействия.

Зависимость вязкости смазок от вязкости дисперсионных сред при одинаковых отрицательных температурах носит линейный характер и описывается уравнением

$$\eta_{см} = a + b\eta_{д.с},$$

где $\eta_{см}$ — вязкость смазки; a, b — коэффициенты; $\eta_{д.с}$ — вязкость дисперсионной среды.

При низких температурах пусковой крутящий момент также является функцией вязкости дисперсионной среды, определенной при той же температуре.

Смазки работоспособны до такой температуры, при которой их вязкость не больше 2000 Па·с, пусковой крутящий момент меньше 50 Н·см и установившийся крутящий момент — не выше 10 Н·см. Нефтяные масла используют прежде всего в смазках общего назначения,

работоспособных в интервале температур от -60 до 150 °С (на дистиллятных маслах от -60 до 130 °С и на остаточных маслах — от -30 до 150 °С). Для узлов трения, работающих при температурах ниже -60 °С и длительное время при температурах выше 150 °С, применяют смазки, изготовленные на синтетических маслах. На этих маслах можно получить смазки, работоспособные при температурах от -100 до 350 °С и выше.

Из кремнийорганических жидкостей наиболее часто в качестве дисперсионных сред используют полиметилсилоксаны и полиэтилсилоксаны. Они обеспечивают работоспособность смазки при температурах от -60 до 200 °С. Реже используют полиметилфенилсилоксаны и полигалогенорганосилоксаны. Полиметилфенилсилоксаны и полигалогенорганосилоксаны обладают лучшими противоизносными и противозадирными свойствами по сравнению с обычными полисилоксанами. Эти жидкости обеспечивают работоспособность смазок в интервале температур от -100 до 300 °С.

Смазки на сложных эфирах применяют при температурах от -60 до 150 °С. Они характеризуются хорошей смазывающей способностью, однако не работоспособны при контакте с водой из-за гидролиза эфиров. Эти смазки вызывают набухание резиновых уплотнений.

При производстве смазок используют также синтетические углеводородные масла на основе полиальфаолефинов и алкилированных ароматических углеводородов, в первую очередь — алкилбензолов. Смазки на алкилбензолах и полиальфаолефинах применяют при температурах от -60 до 200 °С.

Применение полиалкиленгликолей в качестве дисперсионной среды обеспечивает работоспособность смазок в интервале температур от -60 до 200 °С. Смазки на полифениловых эфирах стабильны при высоких температурах (до 350 °С), воздействии кислорода и радиации.

Фтор- и фторхлоруглеродные масла термически стабильны до температуры 400–500 °С. Они не воспламеняются, не горят, устойчивы к воздействию сильных кислот, щелочей и других агрессивных сред, не окисляются, не вызывают коррозию металлов, обладают высокими смазывающими свойствами. Поэтому их применяют для получения огнестойких смазок и смазок, контактирующих с агрессивными средами, и в экстремальных условиях.

Дисперсная фаза. Температурные пределы применения смазок во многом определяются температурами плавления и разложения загустителя, его растворимостью в масле и концентрацией в смазке. От природы загустителя зависят антифрикционные и защитные свойства, водостойкость, коллоидная, механическая и антиокислительная стабильности смазок. Так, мыла, являясь поверхностно-активными веществами, выполняют в смазках одновременно функции загустителя, противоизносного и противозадирного компонентов. При этом модифицирующее действие мыл на поверхности трения связано с поверхностно-молекулярным, а не химическим взаимодействием, что характерно для фосфор-, серо- и хлорсодержащих присадок.

Трибологические свойства смазок зависят от типа катиона мыла (его донорно-акцепторных свойств) и улучшаются при переходе от катионов металлов I группы к катионам металлов II группы.

Смазки, полученные на мылах различных катионов, значительно отличаются по защитным свойствам.

Катион мыла также оказывает влияние на низкотемпературные свойства смазок. Так, натриевые и литиевые смазки по низкотемпературным свойствам близки между собой, но значительно превосходят кальциевые, алюминиевые и бариевые смазки.

Присадки и наполнители. *Присадки* обладают свойствами поверхностно-активных веществ. Это предопределяет их активность как в объеме смазки так и на границе раздела дисперсная фаза — дисперсионная среда. Для улучшения свойств смазок применяют в основном те же присадки, что и для легирования масел: противоизносные, противозадирные, антифрикционные, защитные, вязкостные и адгезионные. Применяют также ингибиторы окисления, коррозии. Многие присадки являются полифункциональными.

Влияние различных противозадирных и противоизносных присадок на трибологические характеристики — критическую нагрузку $P_к$ и нагрузку сваривания $P_с$ литиевых смазок на основе нефтяного масла иллюстрируется данными табл.7.1.

Наполнители — это высокодисперсные, нерастворимые в маслах вещества, не образующие в смазках коллоидной структуры, но улучшающие их эксплуатационные свойства. Наиболее часто применяют наполнители с низким коэффициентом трения: графит, дисульфид молибдена, тальк, слюду, нитрит бора, сульфиды некоторых металлов, асбест, полимеры, оксиды и комплексные соединения металлов,

7.1. Трибологические характеристики смазок на гидроксистеарате лития с присадками (мас. доля 3%)

Присадка	$P_к$, Н	$P_с$, Н
Без присадки	560	1580
Осерненный кашалотовый жир	710	2000
Диалкилбензилэтиленсульфид	560	2820
ЛЗ-23К	890	2820
Хлорированный парафин	630	1580
Хлорэтанол	790	2000
Трикрезилфосфат	630	1580
Сульфол	1120	2510
ДФ-11	1000	1780
Англомол-99	1100	2820
ВИР-1	1100	2820
Хлорэф-40	1000	2000
КИНХ-2	1100	2820
Нафтенат свинца	560	2510

металлические порошки и пудры. Влияние природы наполнителя на критическую нагрузку задира $P_к$ литиевых смазок на основе нефтяного масла иллюстрируется данными табл. 7.2, а его содержания на трибологические характеристики $P_к$ и $P_с$ и антифрикционные свойства (коэффициент трения f) литиевых смазок — данными табл. 7.3.

В качестве наполнителей широко используют оксиды цинка, титана и меди (I), порошки меди, свинца, алюминия, олова, бронзы и латуни, которые обычно замешивают в готовую смазку в количестве от 1 до 30 %. Такие наполнители применяют преимущественно в резьбовых, уплотнительных, а также антифрикционных смазках, используемых в тяжелонагруженных узлах трения скольжения (различного

7.2. Трибологические характеристики смазок на гидроксистеарате лития с наполнителями (мас. доля 10%)

Наполнитель	$P_к$, Н
Без наполнителя	380
Слюда	200
Дисульфид молибдена	840
Диселенид молибдена	880
Политетрафторэтилен	740
Графит	650
Слюда + дисульфид молибдена (1:1)	480
Слюда + политетрафторэтилен (1:1)	360

7.3. Трибологические характеристики и антифрикционные свойства смазок на гидроксистеарате лития с наполнителями

Содержание наполнителя, % (мас. доля)	$P_к$, Н	$P_с$, Н	f при P = 1300 Н
Без наполнителя	650	1450	0,69
Графит (С-1):			
2	650	1450	0,59
10	650	1450	0,47
30	650	2800	0,36
Дисульфид молибдена (МВЧ-1):			
2	850	1800	0,48
5	900	1900	0,41
10	1000	2000	0,34
30	1000	2000	0,18

вида шарниры, некоторые зубчатые и цепные передачи, винтовые пары и др.). Дискуссионным остается вопрос о целесообразности использования металлоплакирующих смазок в подшипниках качения, особенно быстроходных, и подшипниках высокой точности исполнения. В большинстве случаев это приводит к отрицательному эффекту.

Эксплуатационные характеристики углеводородных смазок можно улучшить такими добавками, как природные воски и их компоненты. Например, адгезионные, защитные и низкотемпературные свойства углеводородных смазок обычно улучшают введением в их состав буроугольного и торфяного восков, спермацета (табл. 7.4). Эффективность действия природных восков определяется их химическим составом, молекулярной массой и концентрацией в смазках.

Классификация смазок

Смазки классифицируют по консистенции, составу и областям применения.

По консистенции смазки разделяют на полужидкие, пластичные и твердые. *Пластичные* и *полужидкие смазки* представляют собой коллоидные системы, состоящие из дисперсионной среды, дисперсной фазы, а также присадок и добавок. *Твердые смазки* до отвердения являются суспензиями, дисперсионной средой которых служит смола или другое связующее вещество и растворитель, а загустителем — дисульфид молибдена, графит, технический углерод и т.п. После отвердения

7.4. Свойства углеводородных смазок с добавками восков

Содержание добавки, % (мас. доля)	Температура, °С		Коллоидная стабильность, %	Адгезия: сброс, % (фактор разделения $K_р$ = 6270)
	каплепадения	хрупкости		
Без добавок	72	-62	2,5	80
Буроугольный воск:				
1	71	-68	3,5	40
3	72	-63	5,8	24
5	73	-60	20,0	Отсутствие
Торфяной воск:				
1	71	-68	4,4	50
3	70	-68	5,5	35
5	69	-67	17,0	Отсутствие
Спермацет:				
1	68	-68	2,0	80
3	67	-68	2,8	85
5	67	-68	3,0	89

(испарения растворителя) твердые смазки представляют собой золи, обладающие всеми свойствами твердых тел и характеризующиеся низким коэффициентом сухого трения.

За рубежом широко используют классификацию смазок по пенетрации.

Класс по NLGI	000	00	0	1	2
Пенетрация при 25 °С, ×10⁻¹, мм	445-475	400-430	355-385	310-340	265-295
Класс по NLGI	3	4	5	6	7
Пенетрация при 25 °С, ×10⁻¹, мм	220-250	175-205	130-160	85-115	<75

По составу смазки разделяют на четыре группы.

1. ***Мыльные смазки,*** для получения которых в качестве загустителя применяют соли высших карбоновых кислот (мыла). В зависимости от катиона мыла их разделяют на литиевые, натриевые, калиевые, кальциевые, бариевые, алюминиевые, цинковые, свинцовые и др. В зависимости от аниона мыла смазки одного и того же катиона разделяют на обычные и комплексные. Комплексные смазки работоспособны в более широком интервале температур, чем обычные. Среди комплексных смазок наиболее распространены кальциевые, литиевые, бариевые, алюминиевые и натриевые. Кальциевые смазки, в свою очередь, разделяют на безводные, гидратированные и комплексные. В отдельную группу выделяют смазки на смешанных мылах, в которых в качестве загустителя используют смесь мыл (литиево-кальциевые, натриево-кальциевые и др.; первым указан катион мыла, доля которого в загустителе большая).

Мыльные смазки в зависимости от применяемого для их получения жирового сырья называют условно синтетическими (анион мыла — радикал синтетических жирных кислот) или жировыми (анион мыла — радикал природных жирных кислот), например, синтетические или жировые солидолы.

2. ***Неорганические смазки,*** для получения которых в качестве загустителя используют термостабильные с хорошо развитой удельной поверхностью высокодисперсные неорганические вещества. К ним относят силикагелевые, бентонитовые, графитные, асбестовые и другие смазки.

3. ***Органические смазки,*** для получения которых используют термостабильные, высокодисперсные органические вещества. К ним относят полимерные, пигментные, полимочевинные, сажевые и другие смазки.

4. ***Углеводородные смазки,*** для получения которых в качестве загустителей используют высокоплавкие углеводороды (петролатум, церезин, парафин, озокерит, различные природные и синтетические воски).

О влиянии типа загустителя на свойства смазок можно судить по данным табл. 7.5.

В зависимости от типа их дисперсионной среды различают смазки на нефтяных и синтетических маслах.

По области применения в соответствии с ГОСТ 23258—78 смазки разделяют на *антифрикционные, консервационные, уплотнительные, канатные* (табл. 7.6).

Ассортимент и области применения смазок

В странах СНГ производят смазки более 200 наименований (табл. 7.7). Их выпускают предприятия нефтеперерабатывающей, химической и нефтехимической промышленности, приборостроения, министерства путей сообщения и др.

7.5. Свойства смазок при различных загустителях

Смазки	Температура каплепадения, °С	На нефтяных маслах			На полиэтилсилоксанах		
		максимальная температура применения, °С	гидролитическая устойчивость	противоизносные и противозадирные свойства	максимальная температура применения, °С	гидролитическая устойчивость	противоизносные и противозадирные свойства
				Мыльные смазки			
Натриевые	130-160	100-110	Плохая	Удовлетворительные	110-115	Плохая	Низкие
Литиевые	175-205	110-125	Хорошая	Удовлетворительные	120-130	Хорошая	Низкие
Комплексные литиевые	>250	150-160	-	Высокие	160-170	Хорошая	Удовлетворительные
Гидратированные кальциевые	70-85	60-70	Высокая	Хорошие	-	-	-
Безводные кальциевые	130-140	100-110	Высокая	Хорошие	-	-	-
Комплексные кальциевые	>230	140-150	Удовлетворительная*	Высокие	160-170	Удовлетворительная*	Хорошие
Алюминиевые	95-120	65-70	Высокая	Хорошие	-	-	-
Комплексные алюминиевые	>250	150-160	Высокая	Высокие	160-170	Высокая	Хорошие
				Неорганические смазки			
Силикагелевые	Отсутствие	130-170	Хорошая	Удовлетворительные	160-170	Хорошая	Плохие

7.5. Свойства смазок при различных загустителях (продолжение)

Смазки	Температура каплепадения, °С	На нефтяных маслах			На полиэтилсилоксанах		
		максимальная температура применения, °С	гидролитическая устойчивость	противоизносные и противозадирные свойства	максимальная температура применения, °С	гидролитическая устойчивость	противоизносные и противозадирные свойства
Бентонитовые	Отсутствие	120-150	Хорошая	Удовлетворительные	130-150	Хорошая	Плохие
				Органические смазки			
Сажевые	Отсутствие	160-200	Высокая	Высокие	300-350**	Высокая	Хорошие
Полимерные (фторсодержащие углеводороды)	Отсутствие	80-150	Удовлетворительная	Высокие	140-160 160-250***	Удовлетворительная	Хорошие
Пигментные	Отсутствие	160-200	Хорошая	Высокие	250-300**	Хорошая	Хорошие
Полимочевинные		150-200	Хорошая	Хорошие	200-230**	Хорошая	Удовлетворительные
				Углеводородные смазки			
	50-70	50-65	Высокая	Хорошие	50-65	Высокая	Удовлетворительные

* Поглощают воду и уплотняются

** На полиметилфенилсилоксанах

*** На перфторэфирах

7.6. Классификация пластичных смазок по ГОСТ 23258-78

Подгруппа	Области применения
Антифрикционные (снижение износа и трения сопряженных деталей)	
Общего назначения для обычных температур	Узлы трения, работающие при температуре до 70 °С
Общего назначения для повышенных температур	Узлы трения, работающие при температуре до 110 °С
Многоцелевые	Узлы трения, работающие при температуре от -30 до 130 °С в условиях повышенной влажности среды; в достаточно мощных механизмах обеспечивают работоспособность узлов при температуре -40 °С
Термостойкие	Узлы трения, работающие при температуре свыше 150 °С
Низкотемпературные	Узлы трения, работающие при температуре ниже -40 °С
Противозадирные и противоизносные	Подшипники качения при контактных напряжениях 250 кПа и подшипники скольжения при удельных нагрузках более 15 кПа; содержат противозадирные и противоизносные присадки или твердые добавки
Химически стойкие	Узлы трения, имеющие контакт с агрессивными средами
Приборные	Узлы трения приборов и точных механизмов
Редукторные (трансмиссионные)	Зубчатые и винтовые передачи всех видов
Приработочные пасты	Сопряжение поверхности с целью облегчения сборки, предотвращения задиров и ускорения приработки
Узкоспециализированные	Узлы трения, смазки для которых должны удовлетворять дополнительным требованиям, не предусмотренным в вышеперечисленных подгруппах (прокачиваемость, змульгируемость, искрогашение и т.д.)
Брикетные	Узлы и поверхности скольжения с устройствами для использования смазок в виде брикетов
Консервационные (предотвращение коррозии металлических изделий и механизмов при хранении, транспортировании и эксплуатации)	
	Металлические изделия и механизмы всех видов, за исключением стальных канатов и изделий, требующих использования консервационных масел для твердых покрытий
Уплотнительные (герметизация зазоров, облегчение сборки и разборки арматуры, сальниковых устройств, резьбовых, разъемных и подвижных соединений, в том числе вакуумных систем)	
Арматурные	Запорная арматура и сальниковые устройства
Резьбовые	Резьбовые соединения
Вакуумные	Подвижные и разъемные соединения и уплотнения вакуумных систем
Канатные (предотвращение износа и коррозии стальных канатов)	
	Стальные канаты и тросы, органические сердечники стальных канатов

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
АНТИФРИКЦИОННЫЕ СМАЗКИ			
Смазки общего назначения для обычных температур			
Солидол С, Пресс-Солидол С (ГОСТ 4366-76) *Заменители:* Солидол Ж, Литол-24	Относительно грубые узлы трения механизмов и машин, транспортных средств, сельскохозяйственной техники; ручной и другой инструмент, шарниры, винтовые и цепные передачи, тихоходные шестеренчатые редукторы и т.п.	Хорошие водостойкость, коллоидная стабильность,защитные свойства, узкий диапазон рабочих температур и низкая механическая стабильность. Работоспособны при температурах -30...+65 °С, в мощных механизмах (подшипники, шарниры, блоки и т.п.) — от -50 °С	Смесь масел кислотно-щелочной (70 %) и селективной (30 %) очистки, загущенная кальциевыми мылами кубовых остатков СЖК (C_{20} и выше) и низкомолекулярных СЖК C_5-C_6
Солидол Ж, Пресс-Солидол Ж (ГОСТ 1033-79) *Заменители:* Литол-24, Униол-1	Грубые узлы трения в машинах и механизмах транспортных средств, сельскохозяйственной техники, ручной и другой инструмент, винтовые и цепные передачи, тихоходные шестеренчатые редукторы и т.п.	По основным характеристикам близки к синтетическим солидолам. Обладают лучшими вязкостно-температурными свойствами, меньше уплотняются при хранении, а также тиксотропно не упрочняются при отдыхе после разрушения. Работоспособны при температуре -30...+65 °С, в мощных механизмах (подшипники, шарниры и т.п.) — от -50 °С	Смесь нефтяных масел средней вязкости, загущенная гидратированным кальциевым мылом жирных кислот, входящих в состав природных (растительных и животных) жиров
Графитная (ГОСТ 3333-80) *Заменители:* Солидол С, Солидол Ж или Литол-24 с добавлением 10 % графита	Узлы трения скольжения тяжелонагруженных тихоходных механизмов; рессоры, подвески тракторов и машин, открытые зубчатые передачи, опоры буровых долот и т.п.	Работоспособна при температуре -20...+70 °С; допускается к применению при температуре ниже -20 °С в рессорах и аналогичных устройствах	Высоковязкое нефтяное масло, загущенное кальциевым мылом с добавлением 10 % графита

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
Смазки общего назначения для повышенных температур			
1-13 (ТУ 38.5901257-90) *Заменитель.* Литол-24	Разнообразные подшипники качения, реже — скольжения; подшипники электродвигателей, ступиц колес устаревших автомобилей и т.п.	Водостойкость низкая, при контакте с водой эмульгируется и растворяется в ней. Работоспособна при температуре -20 ..+110 °С	Смесь нефтяных масел низкой и средней вязкости, загущенная натриевым мылом жирных кислот касторового масла; содержит немного кальциевого мыла тех же жирных кислот
Консталин (ГОСТ 1957-73) *Заменители:* Литол-24, Литол-459/5, 1-13	Узлы трения вентиляторов литейных машин, доменных и цементных печей, подшипников качения на железнодорожном транспорте и др.	Водостойкость низкая, при контакте с водой эмульгируется и растворяется в ней. Работоспособна при температуре -20...+110 °С	Цилиндровое масло, загущенное натриевыми мылами жирных кислот касторового масла
Литин-2 (ТУ 0254-311-00148820-96) загущенное литиевым *Заменитель:* Литол-24	Игольчатые подшипники карданных шарниров и других узлов автомобилей	Высокие трибологические и адгезионные свойства. Работоспособна при температуре -40...+120 °С	Минеральное масло, мылом 12-оксистеариновой кислоты и аэросилом; содержит антиокислительную, противоизносную, противозадирную, адгезионную и противокоррозионную присадки
Многоцелевые смазки			
Литол-24 (ГОСТ 21150-87) *Заменители:* Литол-24РК, Алюмол, Зимол	Подшипники качения и скольжения всех типов, шарниры, зубчатые и другие передачи, поверхности трения колесных и гусеничных транспортных средств, индустриальных механизмов, электрических машин и т.п.	Высокая коллоидная, химическая и механическая стабильности, водостойка даже в кипящей воде, при нагревании не упрочняется. Работоспособна при температуре -40...+120 °С, кратковременно сохраняет работоспособность при температуре +130 °С	Нефтяное масло вязкостью 60-75 мм²/с при 50 °С, загущенное литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит антиокислительную и вязкостную присадки
Литол-24РК (ТУ 38 УССР 201342-80) *Заменители:* Литол-24, Зимол	Подшипники качения и скольжения всех типов, шарниры, зубчатые и другие передачи, поверхности трения колесных и гусеничных транспортных средств, индустриальных механизмов, электрических машин и т.п.	Водостойкая, антикоррозионная, рабоче-консервационная, обеспечивает консервацию узлов трения в течение 10 лет. Работоспособна при температуре -40...+120 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная литиевым мылом гидроксистеариновой кислоты; содержит антикоррозионную, защитную, вязкостную и антиокислительную присадки
Фиол-1 (ТУ 38 УССР 201247-80) *Заменитель:* Фиол-2	Узлы трения, смазываемые через пресс-масленки или от централизованной системы подачи смазки; гибкие валы или тросы управления в оболочках; маломощные редукторы, легконагруженные малогабаритные подшипники качения и т.п.	Водостойкая. Работоспособна при температуре -40 ..+120 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит вязкостную и антиокислительную присадки
Фиол-2 (ТУ 38 УССР 201188-79) *Заменитель:* Литол-24	Подшипники качения и скольжения, зубчатые передачи индустриальных машин и механизмов, передачи станков, конвейеров и других аналогичных устройств, работающих при малых и средних нагрузках и т.п.	То же	То же
Фиол-2М (ТУ 38 101233-75) *Заменители:* ВНИИНП-242, Фиол-2У	Легконагруженные малогабаритные подшипники качения и скольжения автомобильного электрооборудования, высокооборотные подшипники электроверетен; оси октан-корректора прерывателя распределителя автомобилей	Водостойкая, улучшенные противоизносные и противозадирные свойства (по сравнению с Фиол-2). Работоспособна при температуре -40...+120 °С	По составу близка к смазке Фиол-2, дополнительно содержит дисульфид молибдена

21 — 1890

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
БНЗ-3 (ТУ 38 УССР 201357-80) *Заменитель:* Литал-24	Закрытые роликовые опоры конвейеров, механизмы экскаваторов, бурильных станков, бульдозеров в горнорудной промышленности	По противоизносным характеристикам несколько уступает смазке Фиол-2М. Работоспособна при температуре -30...+110 °С	Нефтяное масло средней вязкости, загущенное литиевым мылом стеариновой и жирных кислот касторового масла; содержит антиокислительную и противоизносную присадки
Алюмол (ТУ 38.5901182-89) *Заменители:* Литол-24, Униол-1	Подшипники и другие узлы трения машин и механизмов	Водостойкая, хорошие адгезионные свойства. Работоспособна при температуре -40...+150 °С	Нефтяное масло, загущенное комплексным алюминиевым мылом. содержит антиокислительную. антикоррозионную и противоизносную присадки
ЛКМтранс-2 (ТУ У 00149943.490-96) *Заменители:* Литол-24 (до 130 °С)	Узлы трения транспортных средств и промышленного оборудования	Водостойкая, антикоррозионная, высокие термическая, механическая стабильности, антикоррозионные и смазывающие свойства. Работоспособна при температуре -40...+150 °С, кратковременно до +170 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная комплексным литиевым мылом. Содержит многофункциональные присадки
Таврол-2 (ТУ У 00149943.445-96) *Заменитель:* Литол-24	Узлы трения промышленных установок и транспортных средств	Антифрикционная, многоцелевая. Работоспособна при температуре -40...+120 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная литиевым мылом жирных кислот; содержит вязкостную, антиокислительную, противоизносную присадки
Герметин (ТУ 301-04-003-90) *Заменители:* Литол-24, Солидол С, Солидол Ж, Пресс-Солидол, 1-13, Копеталин, Фиол-1, Фиол-2, БНЗ-3	Узлы трения различных машин и оборудования; герметизация пробковых кранов бытовой газовой аппаратуры	Водостойкая, антифрикционная, многоцелевая. Работоспособна при температуре -40...+130 °С	Литиевая смазка

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
	Термостойкие смазки		
ЦИАТИМ-221 (ГОСТ 9433-80) *Заменители:* ВНИИНП-207 (до -40 °С), ЦИАТИМ-221с	Подшипники качения электромашин, систем управления и приборов с частотой вращения до 10000 мин$^{-1}$, агрегатные подшипники летательных аппаратов, узлы трения и сопряженные поверхности «металл-резина», работающие в вакууме	Нерастворима в воде, гигроскопична, сохраняет стабильность даже при кипячении. При поглощении влаги уплотняется, имеет низкие противоизносные характеристики, химически стойкая, инертная к резине и полимерным материалам. Работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па в интервале температур от -60 до +150 °С	Кремнийорганическая жидкость, загущенная комплексным мылом; содержит антиокислительную присадку
Униол-2М/1 (ТУ 38.5901243-92) *Заменители:* Униол-2, Алюмол	Узлы трения индустриального оборудования, туннельных печей, горячих конвейеров, горнодобывающего оборудования, автотракторной, сельскохозяйственной техники, городского электротранспорта, керамического производства	Гигроскопична, склонна к влагоупрочнению, хорошие коллоидная, механическая, химическая и термическая стабильности, противозадирные и противоизносные характеристики. Работоспособна при температуре -40...+160 °С	Нефтяные остаточные масла, загущенные комплексным кальциевым мылом; содержит антиокислительную и противоизносную присадку
ВНИИНП-207 (ГОСТ 19774-74) *Заменитель:* ЦИАТИМ-221 (до 150 °С)	Подшипники качения электрических машин и стартер-генераторов с частотой вращения до 10000 мин$^{-1}$	Водостойкая, гигроскопичная, повышенная термоокислительная стабильность, работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и температуре -60...+200 °С	Смесь кремнийорганической жидкости и синтетического углеводородного масла, загущенная комплексным мылом; содержит антиокислительную присадку
ВНИИНП-210 (ТУ 38.101275-72) *Заменители:* ВНИИНП-231, ВНИИНП-246	Тяжелонагруженные тихоходные подшипники качения и скольжения с качательным движением поверхностей трения при малых углах качания	По свойствам занимает промежуточное положение между пластичными смазками и пастами. Работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и температуре -20...+250 °С	Кремнийорганическая жидкость, загущенная индантреном; содержит графит, дисульфид молибдена, антиокислительную присадку

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
ВНИИНП-219 (ТУ 38.101471–74) *Заменители:* ВНИИНП-207, ЦИАТИМ-221	Подшипники качения электродвигателей и стартер-генераторов с повышенными нагрузками и частотой вращения до 9000 $мин^{-1}$, шарико-винтовые передачи летательных аппаратов	Работоспособна при температуре -50...+200 °С	По составу близка к смазке ВНИИНП-207, но в отличие от нее содержит дисульфид молибдена
ВНИИНП-231 (ТУ 38.1011220–89) *Заменитель:* ВНИИНП-246	Закрытые червячно-винтовые механизмы, тихоходные подшипники качения и скольжения, резьбовые соединения	По свойствам занимает промежуточное положение между смазками и полутекучими пастами. Морозостойкая. Работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и температуре -60...+250 °С	Кремнийорганическая жидкость, загущенная техническим углеродом (сажей) ДГ-100
ВНИИНП-233 (ТУ 38.101687–77) *Заменитель:* ВНИИНП-235	Подшипники качения и скольжения с качательным движением, сопряженные поверхности «металл — резина»	Высокие термическая, механическая, коллоидная стабильности и противоизносные характеристики, устойчива к воздействию кислот. Работоспособна при температуре -30...+250 °С	Перфторполиэфир, загущенный полимером
ВНИИНП-235 (Ту 38.101297–78) *Заменители:* ВНИИНП-231, ВНИИНП-246	Подшипники качения	Вязкость смазки незначительно зависит от скорости деформации; высокая термическая и низкая коллоидная стабильности, хорошие противозадирные свойства. Работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и температуре -60...+250 °С	Кремнийорганическая жидкость, загущенная органическим загустителем
ВНИИНП-246 (ГОСТ 18852–73) *Заменители:* ВНИИНП-231, ВНИИНП-235	Подшипники качения и маломощные зубчатые передачи	Высокая термическая стабильность, низкая испаряемость, хорошие противозадирные характеристики и морозостойкость. Работоспособна в вакууме до $1{,}3 \cdot 10^{-4}$ Па и при температуре -60...+250 °С	Кремнийорганическая жидкость, загущенная пигментом

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
ВНИИНП-247 (ТУ 38 401352–81) *Заменитель:* ВНИИНП-207	Подшипниковые узлы маломощных и микроэлектромашин с частотой вращения до 20000 $мин^{-1}$, зубчатые передачи электровентиляторов и т.п.	Низкие гигроскопичность и термоупрочнение. Работоспособна при температуре -40...+180 °С	По составу близка к смазке ВНИИНП-207
Графитол (ТУ 38 УССР 201172–77) *Заменитель:* Аэрол	Высокотемпературные узлы трения, преимущественно скольжения; горячие вентиляторы, петли и замки дверей сушильных камер и других индустриальных механизмов	Высокая термическая стабильность, низкая испаряемость, хорошие противозадирные свойства, удовлетворительная водостойкость. Работоспособна при температуре -25...+160 °С	Нефтяное остаточное масло, загущенное модифицированным аэросилом; содержит графит
Аэрол (ТУ 38 УССР 201171–79) *Заменитель:* Графитол	Подшипники тяговых цепей конвейеров в сушильных камерах, узлов трения раздаточных печей чугунного литья и других механизмов, работающих при повышенных температурах и нагрузках	Повышенные противозадирные и противоизносные характеристики, высокие термическая стабильность и водостойкость, низкая испаряемость. Работоспособна при температуре -25...+160 °С	По составу близка к смазке Графитол, но вместо графита содержит дисульфид молибдена
Силикол (ТУ 38 УССР 201149–73) *Заменитель:* Лимол	Малонагруженные подшипники качения горячих вентиляторов печей цементации и других индустриальных механизмов	Низкая испаряемость и удовлетворительная водостойкость; по противозадирным свойствам значительно уступает Графитолу и Аэролу, однако превосходит их по морозостойкости; устойчива в агрессивных средах. Работоспособна при температуре -50...+160 °С	Полиэтилсилоксановая жидкость, загущенная модифицированным аэросилом; содержит осерненное касторовое масло
Полимол (ТУ 38.5901159–89) *Заменители:* Алюмол, Маспол	Подшипники качения тяжелонагруженных узлов трения	Беззольная, высокие термическая, механическая, коллоидная стабильности и хорошая водостойкость. Работоспособна при температуре 50...+180 °С	Синтетическое углеводородное или нефтяное масло, загущенное полимочевиной; содержит антиокислительную и противоизносную присадки

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
Маспол (ТУ У 00149943.489-97) *Заменитель:* Полимол	Узлы трения технологического оборудования, работающего при повышенных температурах	Высокие термическая и антиокислительная стабильности. Работоспособна при температуре -20...+150 °С	Нефтяное масло, загущенное полимочевиной; содержит многофункциональные присадки
БНЗ-4 (ТУ 38 УССР 201197-80) *Заменители:* БНЗ-5, Силикол	Узлы трения, соприкасающиеся с парами воды и агрессивных веществ, вертикальные и наклонные узлы трения индустриальных машин, подшипники конвейеров сушильных камер на машиностроительных заводах	Устойчива в присутствии паров воды и агрессивных сред, высокие термическая и механическая стабильности, хорошие консервационные свойства. Работоспособна при температуре -40...+160 °С	Нефтяное масло, загущенное модифицированным силикагелем; содержит антиокислительную и другие присадки
БНЗ-5 (ТУ 38 УССР 201197-80) *Заменители:* БНЗ-4, Силикол	Малонагруженные подшипники качения индустриальных механизмов с системами централизованной подачи смазки, цепные приводы и передачи	По основным свойствам можно отнести к полужидким смазкам. Работоспособна при температуре -50...+160 °С	По составу близка к смазке БНЗ-4, однако содержит в 3 раза меньше загустителя
ПФМС-4С (ТУ 6.02.917-79)	Авиационные узлы трения, тихоходные подшипники качения, винтовые шариковые передачи, резьбы	По реологическим свойствам занимает промежуточное положение между смазками и пастами; повышенные противозадирные свойства, высокая термическая стабильность и низкая испаряемость. Работоспособна при температуре -30...+300 °С, кратковременно до +400 °С	Полиметилфенилсилоксановая жидкость, загущенная коллоидным графитом
	Низкотемпературные смазки		
ЦИАТИМ-203 (ГОСТ 8773-73) *Заменители:* Эра, Зимол	Зубчатые, червячные передачи редукторов, опоры скольжения и подшипники качения; различные силовые приводы, винтовые пары, нагруженные редукторы, механизмы, эксплуатируемые на открытых площадках, узлы трения автомобилей	Превосходит ЦИАТИМ-201 по химической и коллоидной стабильностям, водостойкости и противоизносным характеристикам. Работоспособна при температуре -50...+100 °С	Нефтяное трансформаторное масло, загущенное литиевым мылом технического саломаса и осерненного асидола; содержит вязкостную и противозадирную присадки

7.7. Ассортимент, области применения и осноаные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
ГОИ-54п (ГОСТ 3276-89) *Заменители:* Лита, МЗ	Малонагруженные узлы трения, в том числе механизмы артиллерийских орудий, консервация механизмов и приборов	Высокие защитные свойства; по коллоидной и химической стабильностям, водостойкости превосходит другие низкотемпературные смазки. Не изменяет свойств при хранении в течение 10 лет. Защищает металлические изделия от коррозии до 5 лет. Работоспособна при температуре -40...+50 °С	Маловязкое нефтяное масло, загущенное церезином; содержит антиокислительную присадку
Лита (ТУ 38.101808-90) *Заменитель:* Зимол	Узлы трения машин и механизмов, эксплуатируемых под открытым небом, механизмы переносного инструмента с электрическим или механическим приводом	Высокая водостойкость, хорошие консервационные свойства, низкая механическая стабильность. Работоспособна при температуре -50...+100 °С	Маловязкое нефтяное масло, загущенное стеаратом лития и церезина
Зимол (ТУ 38 УССР 201285-82) *Заменители:* Лита (до 100 °С), ЦИАТИМ-201 (до 90 °С)	Узлы трения любых типов транспортных средств и инженерной техники, эксплуатируемых в районах с особо холодным климатом	Высокие механическая и химическая стабильности, водостойкость, хорошие противоизносные и защитные свойства; всесезонная. Работоспособна при температуре -50...+130 °С	Средневязкое высокоиндексное низкотемпературное нефтяное масло, загущенное гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную, антикоррозионную присадки и антифрикционную добавку
	Химически стойкие смазки		
ЦИАТИМ-205 (ГОСТ 8551-74) *Заменитель:* ВНИИНП-279	Резьбовые и контактные соединения и уплотнения, работающие в агрессивных средах	Устойчива к действию концентрированных неорганических кислот, щелочей, аминов, спиртов, гидразинов. Высокие водостойкость и защитные свойства. Работоспособна при температуре -60...+50 °С	Смесь высокоочищенных нефтяных масел, загущенная белым церезином

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
ВНИИНП-279 (ГОСТ 14296-78) *Заменитель:* ВНИИНП-282	Подшипники качения и скольжения, резьбовые соединения, разъемы, клапаны и другие детали, работающие на воздухе и в агрессивных средах	Хорошие противоизносные характеристики, высокие механическая, термическая, коллоидная стабильности и низкие защитные свойства; устойчива при работе в агрессивных средах. Уплотнительная. Работоспособна на воздухе при температуре -50...+150 °С, в агрессивных средах при температуре -50...+50 °С	Синтетическое углеводородное масло, загущенное модифицированным силикагелем
ВНИИНП-280 (ТУ 38 101818-88) *Заменитель:* ВНИИНП-282 (от -45 °С)	Подшипники качения, резьбовые соединения, шпиндели, подвижные резиновые уплотнения, работающие в агрессивных средах, в том числе в газообразном кислороде	Хорошая морозостойкость, устойчива при работе в агрессивных средах. Уплотнительная. Работоспособна при температуре -60...+150 °С	Перфторполиэфир, загущенный неорганическим загустителем
ВНИИНП-282 (ТУ 38.1011261-89) *Заменители:* ВНИИНП-280, ВНИИНП-283	Дыхательная аппаратура, резьбовые соединения и узлы трения, работающие в контакте со всевозможными агрессивными средами, в том числе с газообразным кислородом	Инертна к сильным окислителям, совместима с полимерами и резинами, водостойка, хорошие противозадирные свойства, не склонна к термоупрочнению; по стойкости к кислороду превосходит большинство химически стойких смазок. Уплотнительная. Работоспособна при температуре -45...+150 °С	Перфторполиэфир, загущенный неорганическим загустителем
ВНИИНП-283 (ТУ 38.1011281-89) *Заменитель:* ВНИИНП-282 (до 150 °С)	Узлы трения, работающие в контакте с газообразным кислородом при давлении до 25 МПа, в резьбовых соединениях при давлении кислорода внутри трубопровода до 100 МПа	Стойкая к газообразному кислороду, водостойкость — удовлетворительная, уплотнительная. Работоспособна при температуре -45...+200 °С	Перфторполиэфир, загущенный неорганическим загустителем; содержит оксид металла

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
ВНИИНП-294 (ТУ 38.101273-72) *Заменитель:* ВНИИНП-295	Сопряженные поверхности «металл-металл» и «металл-резина» в среде спиртов, глицерина, уксусной кислоты, аминов и гидразинов	Инертна к резинам, устойчива к действию спиртов, уксусной кислоты, аминов, гидразинов. Работоспособна на воздухе при температуре -60...+150 °С, в агрессивных средах — -60...+50 °С	Кремнийорганическая жидкость, загущенная неорганическим загустителем
ВНИИНП-295 (ТУ 38.101751-78) *Заменитель:* ВНИИНП-294	Сопряженные поверхности «металл-резина» в среде глицерина, уксусной кислоты, аминов, гидразинов при давлении до 40 МПа	Хорошая морозостойкость, устойчива при работе в агрессивных средах. Работоспособна в вакууме до $1{,}3\times\times10^{-4}$ Па и при температуре -60...+150 °С	По составу близка к смазке ВНИИНП-294
ВНИИНП-298 (ТУ 38.101287-72)	Стеклянные и металлические подвижные соединения, работающие в вакуумных установках, термохимическая обработка металлов в агрессивных средах	Высокие адгезия и термостойкость, низкая испаряемость, хорошие влагостойкость и морозостойкость. Работоспособна в вакууме до $1{,}3\cdot10^{-5}$ Па и при температуре -60...+250 °С	Кремнийорганическая жидкость, загущенная модифицированным силикагелем
Криогель (ТУ 38.101924-82) *Заменители:* ВНИИНП-283 (от -45 °С), ВНИИНП-282	Узлы трения арматуры, работающей в контакте с кислородом и другими газами, находящимися в жидком состоянии, а также работающей в парообразных агрессивных средах	Хорошие противоизносные и противозадирные свойства, инертна к кислороду и другим агрессивным средам, негорюча. Работоспособна в резьбовых и других неподвижных соединениях при температуре -200...+200 °С, в узлах трения скольжения при температуре -60...+200 °С	Перфторполиэфир, загущенный неорганическим загустителем
Приборные смазки			
ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267-74) *Заменители:* Эра, Зимол, Лита, ЦИАТИМ-221	Узлы трения, работающие с малым усилием сдвига при невысоких нагрузках, авиационная техника, радиотехническое оборудование, электромеханические и другие приборы и точные механизмы	Удовлетворительная механическая стабильность, низкая коллоидная стабильность; морозо- и водостойкая. Работоспособна при температуре -60...+90 °С	Маловязкое нефтяное масло, загущенное стеаратом лития; содержит антиокислительную присадку

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
ОКБ-122-7 (ГОСТ 18179-72) *Заменитель:* ЦИАТИМ-201, ОКБ-122-7-5	Подшипники авиационных электромашин и координатно-расточных станков, прецизионные подшипники, точные механизмы, электромашины	Хорошие консервационные, противоизносные свойства, водостойкость, удовлетворительные коллоидная и химическая стабильности. Многоцелевая, консервационная. Работоспособна при температуре -40...+100 °С	Смесь кремнийорганической жидкости и нефтяного масла, загущенная стеаратом лития и церезином
ВНИИНП-223 (ГОСТ 12030-80) *Заменитель:* ВНИИНП-228	Специальные скоростные шарикоподшипники с частотой вращения до 60000 мин⁻¹, подшипники скольжения и маломощные зубчатые передачи	Высокая степень очистки. Работоспособна при остаточном давлении 13,3 Па и температуре -45...+150 °С	Диоктилсебацинат, загущенный комплексным натриевым мылом; содержит антиокислительную и противоизносную присадки
ВНИИНП-228 (ОСТ 38.01438-87) *Заменитель:* ВНИИНП-223	Специальные скоростные шарикоподшипники с частотой вращения до 60000 мин⁻¹, чувствительные опоры точных механизмов и узлов трения счетно-решающих машин	Лучшие смазывающие свойства и большая работоспособность при высокой температуре применения, чем у ВНИИНП-223. Работоспособна при остаточном давлении 13,3 Па и температуре -45...+150 °С	Смесь нефтяного масла и диоктилсебацината, загущенная комплексным натриевым мылом; содержит антиокислительную и противоизносную присадки
ВНИИНП-257 (ГОСТ 16105-70) *Заменитель:* ВНИИНП-258	Подшипники и маломощные зубчатые передачи, резьбовые соединения оптических приборов	Морозо- и кислородостойкая; низкая водостойкость. Работоспособна в вакууме до 1 мкПа и ниже и при температуре -60... +150 °С	Смесь кремнийорганической жидкости и диоктилсебацината, загущенная комплексным натриевым мылом; содержит антиокислительную присадку и дисульфид молибдена
ВНИИНП-258 (ТУ 38.101349-79) *Заменитель:* ВНИИНП-257	Подшипники качения электромашин, шарниры и пары скольжения различных устройств однократного действия	Морозостойкая. Работоспособна в вакууме до 1 мкПа и при температуре -50...+115 °С	Кремнийорганическая жидкость, загущенная модифицированным силикагелем

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
ВНИИНП-260 (ГОСТ 19832-87)	Скоростные шарикоподшипники с частотой вращения до 60000 мин⁻¹	Высокие механическая и коллоидная стабильности. Работоспособна при остаточном давлении 13,3 Па и при температуре -50...+180 °С	Высоковязкое высокоиндексное нефтяное масло, загущенное комплексным натриевым мылом; содержит противоизносную и антиокислительную присадки
ВНИИНП-270 (ТУ 38.10164-76) *Заменитель:* ВНИИНП-257	Шарикоподшипники маломощных электродвигателей с частотой вращения до 10000 мин⁻¹, подшипники электромоторов потенциометров и гироскопов	Низкая испаряемость, высокая коллоидрая стабильность, хорошие противозадирные свойства; низкая водостойкость. Работоспособна в вакууме до 10 мкПа и при температуре -60... +80 °С	Смесь кремнийорганической жидкости и сложного эфира, загущенная комплексным натриевым мылом; содержит антиокислительную присадку и дисульфид молибдена
ВНИИНП-271 (ТУ 38.101603-76)	Шарикоподшипники с частотой вращения до 30000 мин⁻¹, а также с малым моментом трения	Хорошие противоизносные и противозадирные свойства, низкая коллоидная и высокая антиокислительная стабильности, хорошая морозостойкость. Работоспособна при температуре -60...+130 °С	Сложный эфир, загущенный литиевым мылом стеариновой кислоты и кислот гидрированного касторового масла; содержит антиокислительную и противоизносную присадки
ВНИИНП-274 (ГОСТ 19337-73) *Заменитель:* ВНИИНП-286	Малогабаритные прецизионные шарикоподшипники и маломощные редукторы с частотой вращения 15000-30000 мин⁻¹	Низкая испаряемость, высокая термическая и механическая стабильности, морозо- и кислородостойкая. Работоспособна в вакууме до 10 мкПа и при температуре -80...+120 °С	Масла гидрокрекинга и гидроизомеризации, загущенные литиевым мылом стеариновой кислоты и кислот гидрированного касторового масла; содержит антиокислительную и противозадирную присадки
ВНИИНП-286 (ТУ 38.101181-77) *Заменитель:* ВНИИНП-274	Подшипники ротора гироскопа	Низкая коллоидная стабильность, высокие механическая стабильность и водостойкость, превосходит все остальные смазки для гироскопов по морозостойкости. Работоспособна при температуре -60... +120 °С	Масла гидрокрекинга и гидроизомеризации, загущенные литиевым мылом стеариновой кислоты и кислот гидрированного касторового масла; содержит антиокислительную и противозадирную присадки

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
ВНИИНП-293 (ТУ 38.101604-76) *Заменители:* ВНИИНП-274, ВНИИНП-286	Малогабаритные шарикоподшипники с малыми нагрузками и пусковыми усилиями	Низкая коллоидная и высокая термическая стабильности, удовлетворительные противоизносные свойства. Работоспособна в глубоком вакууме и при температуре -60. +150 °С	Кремнийорганическая жидкость, загущенная литиевым мылом стеариновой кислоты и кислот гидрированного касторового масла
ВНИИНП-299 (ТУ 38.101324-72) *Заменитель:* ВНИИНП-286	Механизмы панорамирующих устройств кино- и фотоаппаратуры	Высокие коллоидная стабильность и адгезия; повышенная вязкость и малая зависимость ее от изменения температуры обеспечивают плавный ход и четкое фиксирование подвижных деталей кино- и фотоаппаратуры зимой и летом. Работоспособна при температуре -30...+50 °С	Кремнийорганическая жидкость, загущенная модифицированным силикагелем
Протон (ТУ 38.1011162-88)	Противоосыпочная смазка для применения в оптических приборах	Работоспособна при температуре -65...+85°С	Авиационное масло, загущенное аммониевым мылом стеариновой кислоты и СЖК фракции C_5-C_6 с добавлением антиокислительной присадки
Редукторные смазки (полужидкие)			
ЦИАТИМ-208 (ГОСТ 16422-79) *Заменители.* Трансол-200, Редуктол	Тяжелонагруженные редукторы, червячные и зубчатые передачи гусеничной техники	Хорошие адгезия и водостойкость; работоспособна длительное время в герметизированных узлах трения при температуре -40... +70 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная кальциевыми мылами нафтеновых кислот и кислот окисленного петролатума
Шахтол У (ТУ 38 УССР 201359-81) *Заменители:* Трансол-200, Трансол-РОМ, Шахтол-К	Зубчатые редукторы угледобывающих комбайнов	Высокая водостойкость, хорошие противоизносные и противозадирные свойства, удовлетворительная механическая стабильность. Работоспособна при температуре -40 .. +70 °С	Нефтяное масло, загущенное кальциевым мылом СЖК и кислот окисленного петролатума; содержит противоизносные и противозадирные присадки и триэтаноламин

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
Шахтол-К (ТУ 38 УССР 201374-84) *Заменители:* Трансол-РОМ, Шахтол	Зубчатые редукторы комбайнов калийных рудников	Работоспособна при температуре -40... +70 °С	Нефтяное масло, загущенное кальциевым мылом СЖК; содержит противоизносные присадки и талловое масло
СТП-Л, СТП-З (ТУ 38 УССР 201232-81) *Заменители:* Трансол-100, Трансол-200	Зубчатые передачи тяговых редукторов тепловозов	СТП-Л — летняя, работоспособна при температуре -5...+50 °С; СТП-З — зимняя, работоспособна при температуре -50...+50 °С	Нефтяные масла, загущенные октолом и гудроном масляным; содержат противоизносные добавки
ОЗП-1 (ТУ 38 УССР 201117-76) *Заменитель:* СТП-Л	Открытые зубчатые передачи мощных приводов вращающихся печей, кузнечно-прессового оборудования	Высокие адгезионные, консервационные свойства и водостойкость. Работоспособна при температуре -5. .+70 °С	Нефтяной гудрон, сплавленный с октолом и битумом; содержит противоизносную присадку
Трансол-100 (ТУ 38 УССР 201352-84) *Заменитель:* Трансол-200	Червячные редукторы и мотор-редукторы, работающие с максимальными удельными нагрузками в зацеплении (до 400 МПа)	Высокие термомеханическая и химическая стабильности и водостойкость, хорошие противоизносные и противозадирные свойства. Без замены и пополнения обеспечивает полный ресурс работы редукторов. Работоспособна при температуре -40...+120 °С	Смесь нефтяного масла и сложного эфира, загущенная гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную и противоизносную присадки
Трансол-200 (ТУ 38 УССР 201352-84) *Заменитель:* Трансол-100	Цилиндрические и планетарные редукторы и мотор-редукторы, работающие с максимальными удельными нагрузками в зацеплении до 2000 МПа	Высокие противозадирные свойства и химическая стабильность. Работоспособна при температуре -30... +130 °С	Нефтяное масло, загущенное гидроксистеаратом лития; содержит антикоррозионную, антиокислительную, вязкостную и противозадирную присадки
Трансол-РОМ (ТУ 38 5901477-95) *Заменитель:* Трансол-200	Легко- и средненагруженные редукторы металлургического и другого промышленного оборудования	Высокие противозадирные свойства и химическая стабильность. Работоспособна при температуре -30...+90 °С, кратковременно до +110 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная натриевым мылом жирных кислот, входящих в состав природных (растительных и животных) жиров

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
Редуктол М (ТУ У 00149943.511-97) *Заменитель:* Редуктол	Высоконагруженные редукторы промышленного (в том числе металлургического) оборудования, зубчатые зацепления тяговых редукторов локомотивов и мотор-вагонного подвижного состава	Высокие антиокислительная и термическая стабильности, антикоррозионные и смазывающие свойства. Работоспособна при температуре -40...+150 °С и контактной нагрузке в зубчатом зацеплении до 2,5 ГПа	Смесь нефтяных масел, загущенная комплексным литиевым мылом. Содержит многофункциональные присадки
Редуктол (ТУ 38.5901449-95) *Заменитель:* Редуктол М	Зубчатые зацепления тяговых редукторов локомотивов и мотор-вагонного подвижного состава, высоконагруженные редукторы промышленного оборудования	Высокие механическая, коллоидная, антиокислительная и термическая стабильности, смазывающие свойства. Работоспособна при температуре -50...+120 °С и контактной нагрузке в зубчатом зацеплении до 2,5 ГПа. Обеспечивает всесезонную эксплуатацию локомотивов и мотор-вагонного подвижного состава при пробеге до 1,8 млн. км	Смесь нефтяного и синтетического масел, загущенная комплексным литиевым мылом. Содержит многофункциональные присадки
СКП-М (ТУ 0254-318-00148820-97)	Средненагруженные зубчатые (цилиндрические и конические) редукторы и мотор-редукторы с картерной системой смазки	Обеспечивает работоспособность приводов промышленного оборудования не менее 10000 ч при максимальных контактных напряжениях в зацеплении до 20000 МПа при температуре -30...+100 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная натриевыми мылами жирных кислот с добавлением композиции присадок
ЛЗ-ПЖЛ-00 (ТУ 0254-312-001488220-96)	Шарнир равных угловых скоростей промежуточного вала автомобиля ВАЗ-21213	Обеспечивает работоспособность ШРУС в течение всего срока службы автомобиля. Работоспособна при температуре -40...+120 °С	Нефтяное масло, загущенное литиевым мылом 12-оксистеариновой кислоты; содержит антиокислительную, противоизносную, противозадирную, адгезионную присадки и дисульфид молибдена

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
Приработочные пасты			
ВНИИНП-225 (ГОСТ 19782-74) *Заменители:* ВНИИНП-232, Лимол	Подвижные и неподвижные резьбовые соединения, тяжелонагруженные тихоходные узлы трения	Работоспособна при температуре -60...+250 °С (алюминиевые сплавы), -60...+350 °С (легированные стали), -40...+300 °С (малооборотные узлы трения)	Кремнийорганическая жидкость, загущенная мелкодисперсным дисульфидом молибдена; содержит стабилизирующую присадку
ВНИИНП-232 (ГОСТ 14068-79) *Заменитель:* Лимол	Облегчение сборки, приработка и смазывание подшипников скольжения, шарниров зубчатых и винтовых передач, тяжелонагруженных тихоходных узлов трения, резьбовых соединений	Противозадирная. Работоспособна при температуре -50...+300 °С	Нефтяное масло средней вязкости, загущенное стеаратом лития
Лимол (ТУ 38 УССР 201146-80) *Заменитель:* ВНИИНП-232	Облегчение сборки, приработка и смазывание подшипников скольжения, шарниров зубчатых и винтовых передач, тяжелонагруженных тихоходных узлов трения, резьбовых соединений	Исключительно высокие противозадирные свойства. Работоспособна при температуре -50...+300 °С	Высоковязкое нефтяное масло, загущенное модифицированным силикагелем или гидроксистеаратом лития; содержит дисульфид молибдена, оксид металла и декстрамин
УЗКОСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ (ОТРАСЛЕВЫЕ) СМАЗКИ			
Смазки для электрических машин			
ВНИИНП-242 (ГОСТ 20421-75) *Заменитель:* Фиол-2М	Подшипники качения судовых электрических машин горизонтального исполнения	Водостойкая, хорошие противоизносные свойства и низкая испаряемость, удовлетворительная механическая стабильность. Работоспособна при температуре -30...+110 °С и влажности до 98 %	Смесь нефтяных масел, загущенная стеаратом лития; содержит антиокислительную присадку и дисульфид молибдена
ЛДС-1 (ТУ 38 УССР 201291-77) *Заменители:* СВЭМ, ЛДС-3	Закрытые подшипники качения электродвигателей серии 4А, работающие при высоких и средних нагрузках	Высокие механическая и антиокислительная стабильности, хорошие противоизносные свойства, повышенный ресурс, водостойкая. Работоспособна при температуре -50...+120 °С	Смесь нефтяного масла и сложного эфира, загущенная гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную, вязкостную и противоизносную присадки

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
ЛДС-3 (ТУ 38.1011053-87) *Заменитель:* ЛДС-1	Закрытые подшипники качения узлов трения электродвигателей серии А1 малошумного исполнения	Снижает шум при работе электромашин. Работоспособна при температуре -50...+120 °С	Смесь нефтяного масла и сложного эфира, загущенная гидроксистеаратом лития, содержит антиокислительную, противозадирную присадки и антифрикционные добавки
ЭШ-176 (ТУ 38.10196-76) *Заменители:* ЛДС-1, ЛДС-3	Подшипники электрических машин горизонтального и вертикального исполнения, подшипники машин в целлюлозно-бумажной промышленности	Хорошие противоизносные и противозадирные свойства, низкая механическая стабильность, склонна к упрочнению. Работоспособна при температуре -25... +100 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная литиево-цинково-свинцовым мылом СЖК и мылом кислот касторового масла, асидола и канифоли; содержит графит и оксид алюминия
СВЭМ (ТУ 38.101982-86) *Заменители:* ВНИИНП-242, ЛДС-3	Подшипники качения мощных судовых электрических машин	Высокие механическая, термическая и антиокислительная стабильности, хорошая морозостойкость и низкая испаряемость. Вызывает набухание резин и оказывает вредное воздействие на окраску металлических деталей. Работоспособна при температуре -50...+120 °С	
	Автомобильные смазки		
Литин-2 (ТУ 0254-311-00148820-96) *Заменитель:* Литол-24	Игольчатые подшипники карданных шарниров и других узлов автомобилей	Высокие трибологические и адгезионные свойства. Работоспособна при температуре -40...+120 °С	Минеральное масло, загущенное литиевым мылом 12-оксистеариновой кислоты и аэросилом, содержит антиокислительную, противоизносную, противозадирную, адгезионную и противокоррозионную присадки
АМ-карданная (ТУ 38.5901302-91) *Заменители:* ШРУС-4, Литол-24	Шарниры карданов постоянной угловой скорости передних ведущих мостов автомобилей	Вымывается из узлов трения, низкая механическая стабильность. Работоспособна при температуре -10... +100 °С	Нефтяное масло средней вязкости, загущенное натриевым мылом кислот саломаса, хлопкового, касторового масел и канифоли

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
Литол 459/5 (ТУ 38.101207-75)	Прерыватель распределителя зажигания автомобилей	Плотная водостойкая смазка. Работоспособна при температуре -40...+120 °С, кратковременно до +130 °С	Нефтяное масло, загущенное литиевым мылом стеариновой и 12-гидрооксистеариновой кислот; содержит антиокислительную присадку
ЛСЦ-15 (ТУ 38 УССР 201224-80) *Заменитель:* Литол-24	Шарниры и оси приводов аксельратора, рычаги выключения, шлицевые соединения, механизмы стеклоподъемников автомобилей, узлы трения промышленного оборудования	Высокие термическая, коллоидная, механическая и антиокислительная стабильности, хорошие консервационные и адгезионные свойства; обеспечивает полный ресурс работы узлов. Водостойкая. Работоспособна при температуре -40...+130 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная литиевым мылом кислот гидрированного касторового масла; содержит антиокислительную, вязкостную присадки и оксид цинка
ШРБ-4 (ТУ 38 УССР 201143-77) *Заменители:* ШРУС-4, Лимол	Шаровые шарниры передней подвески, наконечники тяг рулевого управления автомобилей (на весь срок службы)	Водостойкая, не вызывает набухания резиновых уплотнений, волокнистая текстура, высокие противозадирные свойства. Работоспособна при температуре -40...+130 °С	Нефтяное масло, загущенное комплексным бариевым мылом кислот хлопкового масла, СЖК, гидроксистеариновой и уксусной кислот, содержит антиокислительную присадку
ШРУС-4 (ТУ 38 УССР 201312-81) *Заменитель:* №158	Шарниры равных угловых скоростей полноприводных автомобилей и другие узлы трения	Водостойкая, высокие механическая и антиокислительная стабильности, противоизносные и противозадирные характеристики, низкая испаряемость. Работоспособна при температуре -40...+120 °С	Нефтяное масло, загущенное гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную и противозадирную присадки, а также антифрикционные добавки
Фиол-2У (ТУ 38 УССР 201266-79) *Заменители:* ШРУС-4, № 158	Игольчатые подшипники крестовин карданного вала автомобилей и другой наземной техники	Высокие антиокислительная, механическая и коллоидная стабильности, хорошие противоизносные и противозадирные характеристики, водостойкая. Работоспособна при температуре -40...+120 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную присадку и антифрикционную добавку
№ 158 (ТУ 38.101320-77) *Заменители:* ШРУС-4, Фиол-2У	Подшипники качения автотракторного оборудования, игольчатые подшипники карданных шарниров непостоянной угловой скорости	Хорошие антиокислительная и механическая стабильности, противоизносные характеристики, водостойкость — удовлетворительная. Работоспособна при температуре -30...+110 °С	Нефтяное масло, загущенное литиево-калиевым мылом кислот касторового масла и канифоли, содержит антиокислительную присадку и индвнтрен

22 -- 1890

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
ЛЗ-31 (ТУ 38 1011144-88) *Заменители:* ШРУС-4, ЛДС-3, Литол-24	Подшипники качения закрытого типа на весь срок службы	Хорошие антиокислительная стабильность и антикоррозионные свойства, низкая испаряемость, высокие противоизносные свойства, при контакте с водой дисперсионная среда гидролизуется. Работоспособна при температуре -40...+120 °С	Сложный эфир, загущенный стеаратом лития, содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки
КСБ (ТУ 38 УССР 201115-76)	Контакты электрического переключателя указателя поворотов автомобилей	Токопроводящая, предотвращает искрение в контактах и снижает радиопомехи, обеспечивает полный ресурс работы узлов трения Работоспособна при температуре -30 . +110 °С	Нефтяное масло, загущенное натриевым мылом стеариновой кислоты и кислот саломаса; содержит антиокислительную и противоизносную присадки, медную пудру и другие добавки
ДТ-1 (ТУ 38 УССР 201116-76)	Сборка деталей систем гидроприводов автомобилей, работающих в контакте с резиновыми изделиями	Не вызывает набухания резиновых изделий, высокие противоизносные и противозадирные свойства, растворима в воде. Работоспособна при температуре -30...+110 °С	Касторовое масло, загущенное натриевым мылом кислот касторового масла; содержит графит и другие антифрикционные добавки
Дисперсол-1 (ТУ 38 УССР 201144-72) *Заменитель:* МЗ-10	Механизмы стеклоподъемников, замки, двери и другие детали автомобилей	Гигроскопична. Работоспособна при температуре -40. .+100 °С	Нефтяное масло, загущенное комплексным кальциевым мылом стеариновой, 12-гидроксистеариновой и уксусной кислот и церезином; содержит уайт-спирит
МЗ-10 (ТУ 38.101622-76) *Заменители.* Фиол-2М, Дисперсол-1	Механизмы стеклоподъемников, замки и стопорные механизмы дверей автомобилей	Высокая адгезия и хорошие противоизносные и консервационные свойства. Работоспособна при температуре -40.. +80 °С	Маловязкое нефтяное масло, загущенное стеаратом цинка и церезином; содержит вязкостную присадку и графит

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
	Железнодорожные смазки		
ЛЗ-ЦНИИ (ГОСТ 19791-74) *Заменители.* 1-13, Литол-24	Роликовые подшипники железнодорожных вагонов	Хорошие противоизносные и противозадирные характеристики, склонность к термоупрочнению; слабая водостойкость, недостаточные консервационные свойства. Работоспособна при температуре -40...+100 °С	Маловязкое нефтяное масло, загущенное натриево-кальциевым мылом кислот касторового масла, содержит антиокислительную и противоизносную присадки
ЖРО (ТУ 38 ЦТ 520-83) *Заменители:* ЛЗ-ЦНИИ, 1-13	Подшипники качения букс железнодорожных локомотивов, подшипники тяговых электродвигателей	Высокие водостойкость и противозадирные характеристики, обеспечивает без замены и пополнения 400000 км пробега электровозов и тепловозов Работоспособна при температуре -40. .+120 °С	Маловязкое нефтяное масло. загущенное литиевым мылом стеариновой, олеиновой и кислот касторового масла; содержит антиокислительную присадку
Кулисная ЖК (ТУ 32 ЦТ 549-83) *Заменители:* Литол-24, ЖРО	Гнезда трения кулисного механизма, соединения рессорного подвешивания	Невысокая водостойкость, хорошие адгезионные свойства Работоспособна при температуре -30. .+80 °С	Нефтяное масло, загущенное натриевым мылом кислот жирового гудрона
ЦНИИ-КЗ (ТУ 32 ЦТ 896-82)	Защита от обледенения токоприемников электровозов и другого электроподвижного состава	Гигроскопична, отличные антиобледенительные характеристики. Работоспособна при температуре -40... +40 °С	Смесь нефтяного масла, пропиленгликоля и глицерина, загущенная литиевым мылом стеариновой кислоты и кислот касторового масла, церезином: содержит антиокислительную, антикоррозионную и противоизносную присадки
ЖТ-72 (ТУ 38.101345-77) *Заменители:* ЖТ-79Л, ЦИАТИМ-221	Тормоза локомотивов при трении резины по металлу	Морозостойка; не вызывает набухания резиновых уплотнений автотормозных приборов. Работоспособна при температуре -60... +120 °С	Кремнийорганическая жидкость, загущенная комплексным кальциевым мылом стеариновой и уксусной кислот; содержит антиокислительную присадку и добавку, снижающую вязкость при отрицательных температурах

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
ЖТ-79Л (ТУ 32 ЦТ 1176-83) *Заменитель:* ЖТ-72	Тормоза локомотивов и вагонов	Не вызывает набухания резины, хорошие противоизносные характеристики, морозо- и водостойкая. Работоспособна при температуре -60...+120 °С	Смесь кремнийорганической жидкости и изопарафинового масла, загущенная стеаратом лития; содержит антиокислительную присадку и пластификатор
ЖА (ТУ 32 ЦТ 550-83)	Закладка в греющиеся буксы вагонов, оборудованных подшипниками скольжения, для приработки поврежденных поверхностей	Антиаварийная, высокие приработочные, смазочные и адгезионные свойства, хорошие противоизносные характеристики, неводостойка. Работоспособна при температуре -30...+100 °С	Нефтяное масло, загущенное натриевым мылом кислот асидол-мылонафта, содержит графит
ЖР (ТУ 32 ЦТ 553-83) *Заменитель:* Графитол	Уменьшение бокового износа рельс на кривых участках пути и гребней бандажей колесных пар	Растворима в воде, низкая коллоидная стабильность. Работоспособна при температуре -30...+80 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная натриево-кальциевым мылом кислот жирового гудрона, касторового масла, саломаса; содержит графит, озокерит и серу
ЖД (ТУ 32 ЦТ 548-83)	Разрезные дышловые подшипники, пальцы кривошипов и подшипников, оборудованных плавающими втулками	Водорастворима. Работоспособна при температуре до +100 °С	Нефтяное масло, загущенное натриевым мылом кислот саломаса и жирового гудрона: содержит до 6 % воды и до 1,2 % щелочи (NaOH)
Контактная (ТУ 38 УССР 201129-77) *Заменитель:* Графитная УСсА	Смазывание накладок и стыков рельс с целью обеспечения их устойчивой электропроводимости	Низкая испаряемость, хорошая коллоидная стабильность и водостойкость, токопроводящая. Работоспособна при температуре -40...+60 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная гидратированным кальциевым мылом СЖК или кислот саломаса; содержит графит
	Морские смазки		
АМС-1, АМС-3 (ГОСТ 2712-75)	Предотвращение коррозии механизмов кораблей, подводных лодок, гидросамолетов	Высокие консервационные характеристики, адгезия к металлу, водостойкость. Работоспособны при температуре -15...+65 °С (АМС-1), 0...+75 °С (АМС-3)	Высоковязкое нефтяное масло, загущенное алюминиевым мылом стеариновой кислоты

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
МС-70 (ГОСТ 9762-76) *Заменители:* МЗ, Лита, Зимол, МУС-3А	Подшипники качения и скольжения, непосредственно соприкасающиеся с морской водой	Высокие водостойкость, консервационные свойства и морозостойкость; обеспечивает периодическую работу механизмов в течение 10 лет. Работоспособна при температуре -45...+65 °С, в мощных механизмах — от -50 °С	Маловязкое нефтяное масло, загущенное стеаратами бария и алюминия, а также церезином; содержит вязкостную присадку
МУС-3А (ТУ 38.10171-74) *Заменители:* МС-70, МЗ	Высоконагруженные узлы трения, работающие в контакте с морской водой	Хорошие консервационные и противозадирные свойства, морозостойкая. Работоспособна при температуре -50...+65 °С	Маловязкое нефтяное масло, загущенное стеаратами бария и алюминия, а также церезином; содержит вязкостную и антиокислительную присадки и антифрикционную добавку
МЗ (ТУ 38 001263-76) *Заменители:* Лита, Зимол, МС-70, МУС-3А	Узлы трения, работающие в контакте с морской водой	Хорошая коллоидная и удовлетворительная механическая стабильности; морозостойкая, рабоче-консервационная. Работоспособна при температуре -50...+80 °С	Нефтяное масло, загущенное алюминиевым мылом и церезином
	Авиационные смазки		
Эра (ТУ 38.101950-83) *Заменители:* ЦИАТИМ-201 (ограниченно)	Подшипники качения и скольжения, зубчатые передачи систем управления самолетов	Высокие механическая, антиокислительная стабильности, хорошие антикоррозионные свойства, противоизносные и противозадирные характеристики, не вызывает набухания резиновых изделий. Работоспособна при температуре -60...+120 °С	
АТЛАНТА (ВНИИНП-254) (ТУ 38,1011048-85) *Заменители:* Свинцоль-01 (ограниченно), Сапфир, НК-50	Узлы трения скольжения, работающие при высоких знакопеременных нагрузках, игольчатые и винтовые механизмы	Морозостойкая, высокие противозадирные характеристики, механическая и коллоидная стабильности и водостойкость; работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и при температуре -60...+150 °С	Содержит комплекс металлоплакирующих добавок

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
Сапфир (ВНИИНП-261) (ТУ 38.1011051-87) *Заменитель:* АТЛАНТА	Конические роликовые подшипники ступиц колес шасси летательных аппаратов	Высокие термостойкость, механическая и антиокислительная стабильности. Работоспособна при температуре -40...+150 °С, кратковременно до +200 °С	
СЭДА (ТУ 38.401510-85) *Заменитель:* ВНИИНП-207	Скоростные агрегатные слабонагруженные подшипники некоторых самолетов	Хорошие смазывающие и низкотемпературные свойства, низкая испаряемость, удовлетворительная водостойкость, вызывает набухание резины на основе нитрильных и силоксановых каучуков. Работоспособна при температуре -60...+120 °С	Смесь сложных эфиров, загущенная комплексным кальциевым мылом; содержит антиокислительную и противоизносную добавки
Свинцоль-01 (ТУ 38.101577-76) *Заменитель:* АТЛАНТА	Тяжелонагруженные узлы трения (шарнирные соединения опор шасси и др.) некоторых самолетов и вертолетов	Повышенные противоизносные и противозадирные свойства, нерастворима в воде, токсичная; работоспособна при температуре -60...+90 °С	Добавление к смазке ЦИАТИМ-201 порошкообразного свинца
НК-50 (ТУ 38.1011219-95) *Заменитель:* Сапфир	Подшипники ступиц шасси самолетов	Низкие водо- и морозостойкость; работоспособна при температуре -15...+120 °С	Масло МС-20, загущенное натриевым мылом стеариновой и олеиновой кислот, содержит коллоидный графит
№9 (ТУ 38 001116-73)	Специфические узлы трения	Морозостойкая, консервационные свойства и водостойкость удовлетворительные, антиокислительная и коллоидная стабильности низкие. Работоспособна при температуре -60...+80 °С	Маловязкое нефтяное масло, загущенное бариевосвинцовым мылом стеариновой кислоты

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
		Индустриальные смазки	
Униол-2М/2 (ТУ 38.5901243-92) *Заменители:* Униол-1, ИП-1	Узлы трения металлургического и горнообогатительного оборудования с системами централизованной подачи смазки	Высокая термостойкость, хорошие противозадирные характеристики и прокачиваемость, влагоупрочняется при хранении. Работоспособна при температуре -30...+160 °С	Высокоиндексное нефтяное остаточное масло, загущенное комплексным кальциевым мылом, содержит антиокислительную, противоизносную и антикоррозионную присадки
ИП-1 (Л, З) (ТУ 33.101820-80) *Заменитель:* Униол-2М-М	Подшипники металлургического оборудования с централизованной подачей смазки	Хорошие водостойкость и противозадирные характеристики, низкие морозостойкость и механическая стабильность, удовлетворительная коллоидная стабильность. Работоспособна при температуре 0...+70 °С (Л) и -10...+70 °С (З)	Цилиндровое нефтяное масло, загущенное кальциевым мылом кислот хлопкового масла и саломаса; содержит противозадирную присадку
ЛКС-2 (ТУ 38.1011015-85) *Заменитель:* КБС	Подшипниковые узлы главных шпинделей металлорежущих станков, оснащенных шариковыми и роликовыми подшипниками	Высокие механическая, коллоидная, антиокислительная и термическая стабильности, повышенные противоизносные свойства. Работоспособна при температуре -40...+150 °С	Смесь синтетических масел, загущенная комплексным литиевым мылом; содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки
ЛКС-металлургическая (ТУ 38.1011107-87)	Подшипники качения металлургического оборудования	Закладная, высокие термическая, механическая и антиокислительная стабильности, водостойкость, хорошие противоизносные и противозадирные характеристики. Работоспособна при температуре -30...+150 °С, кратковременно до +170 °С	Нефтяное остаточное масло, загущенное комплексным литиевым мылом; содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки и антифрикционную добавку

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
Прессол М (ТУ 0254-316-00148820-97)	Узлы трения кузнечно-прессового и другого средне- и тяжелонагруженного промышленного оборудования с централизованной системой подачи смазки	Работоспособна при температуре -20...+120 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная литиевыми мылами жирных кислот с добавлением композиции присадок
ЛКС-текстильная (ТУ 38.5901135–92) *Заменитель:* ЛКС-2	Опоры роторов пневмомеханических прядильных машин, работающих при частоте вращения до 80000 мин$^{-1}$	Высокие механическая, коллоидная, антиокислительная и термическая стабильности, повышенная степень чистоты. Работоспособна при температуре -50...+150 °С	Смесь синтетических масел, загущенная комплексным литиевым мылом. Содержит многофункциональные присадки
КБС (ТУ 38.1011019–85) *Заменитель:* ЛКС-2	Подшипниковые узлы координатно-расточных станков, оснащенные упорными роликовыми подшипниками	Высокая механическая стабильность, водостойкая. Работоспособна при температуре -30...+110 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная безводным кальциевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит антикоррозионную и антиокислительную присадки
ЛС-1П (ТУ 38 УССР 201145–77) *Заменители:* Униол-2, Прессол	Тяжелонагруженные узлы трения литейного, кузнечно-прессового и другого оборудования с централизованной системой подачи смазки	Водостойкая, хорошая механическая стабильность, противозадирная. Работоспособна при температуре -40...+130 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит противозадирные и антиокислительную присадки
Старт (ТУ 38 401204–81) *Заменитель:* ЛКС-2	Подшипники скоростных шпинделей	Высокие термическая, коллоидная и антиокислительная стабильности, удовлетворительная водостойкость. Работоспособна при температуре -40...+140 °С	Смесь нефтяного и синтетического масел, загущенная комплексным натриевым мылом; содержит антикоррозионную и антиокислительную присадки

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
Сиол (ТУ 38.10152–74) *Заменители:* ВНИИНП-242, ЛКС-2, КБС	Скоростные подшипники электроверетен и нажимных валиков прядильных машин, работающие при частотах до 16000 мин$^{-1}$	Высокие термо- и водостойкость; удовлетворительные консервационные свойства. Работоспособна при температуре -20...+120 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная модифицированным аэросилом; содержит дисульфид молибдена
ВНИИНП-273 (ТУ 38.1014767–74) *Заменитель:* ВНИИНП-275	Подшипники качения и скольжения, шариковинтовые передачи, реечные и винтовые приводы, резьбовые соединения, работающие в условиях воздействия радиации	Хорошие противозадирные свойства, коллоидная и химическая стабильности, мягкая консистенция. Работоспособна при температуре -20...+120 °С	Синтетическое углеводородное масло, загущенное неорганическими загустителями; содержит антиокислительную, антикоррозионную присадки и антифрикционную добавку
Ротационная ИР (ОСТ 38 137–74) *Заменитель:* АМС-1	Узлы трения ротационных машин	Высокие адгезия, консервационные свойства и водостойкость. Работоспособна при температуре -15...+65 °С	Нефтяное остаточное масло, загущенное стеаратом алюминия
Термолита (ТУ У 00149943.507–97) *Заменитель:* ПФМС-4с	Подшипники букс чугуновозов, шлаковозов, сталевозов, подшипники агломашин и других узлов металлургического оборудования, работающих в условиях экстремальных температур	По реологическим свойствам занимает промежуточное положение между смазками и пастами; повышенные противозадирные свойства. Работоспособна при температуре 0...+500 °С	Высоковязкое нефтяное масло, загущенное тонкодисперсным графитом, содержит присадки
Омметтерма-2 (ТУ У 00149943.509–97) *Заменитель:* Омметсупертерма	Подшипники качения металлургического и другого промышленного оборудования	Высокие термостойкость, антиокислительные, антикоррозионные и смазывающие свойства. Стойкая к действию воды и водяного пара. Сохраняет работоспособность при температуре -20...+180 °С, кратковременно до +200 °С. Применяется как закладная	Высоковязкое нефтяное масло, загущенное комплексным литиевым мылом. Содержит многофункциональные присадки

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
Омметсупертерма (ТУ У 00149943.510–97) *Заменитель:* Омметтерма-2	Подшипники узлов печной стороны рольгангов, машин непрерывного литья заготовок, холодильников трубопрокатных станов и другого металлургического оборудования	Высокие антиокислительная и термическая стабильности, антикоррозионные и смазывающие свойства. Стойкая к воздействию воды и водяного пара Сохраняет работоспособность при температуре -20...+200 °С, кратковременно до +220 °С. Применяется как закладная	Смесь высоковязкого нефтяного и синтетического масел, загущенная комплексным литиевым мылом; содержит многофункциональные присадки
Центролита (ТУ У 00149943.508–97) *Заменитель:* Униол-2М-М	Высоконагруженные узлы трения металлургического оборудования с централизованной смазочной системой	Высокие антиокислительная и термическая стабильности, антикоррозионные и смазывающие свойства. Стойкая к действию воды и водяного пара. Работоспособно при температуре -20...+150 °С, кратковременно до +170 °С. Применяется в централизованных смазочных системах	Нефтяное масло, загущенное комплексным литиевым мылом. Содержит многофункциональные присадки
Буровые смазки			
Долотол Н (ТУ 38 УССР 201369–81)	Шарошечные долота с негерметизированными опорами качения и скольжения	Высокие механическая, коллоидная и антиокислительная стабильности, водостойкость, противозадирные и консервационные характеристики. Работоспособна при температуре -20... +130 °С	Нефтяное остаточное масло, загущенное гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную присадку и антифрикционные добавки
Долотол АУ (ТУ 38 УССР 201370–81)	Шарошечные долота с герметизированной опорой скольжения	Высокие антиокислительная стабильность и противозадирные характеристики, водо- и термостойкая, консервационная. Работоспособна при температуре -30... +220 °С	Нефтяное остаточное масло, загущенное комплексным кальциевым мылом СЖК; содержит антифрикционные добавки

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
Долотол НУ (ТУ 38 УССР 201371–81)	Шарошечные долота с герметизированными опорами качения и скольжения	Высокие механическая и коллоидная стабильности, водостойкость, противозадирные и консервационные свойства. Работоспособна при температуре -30... +110 °С	Нефтяное остаточное масло, загущенное безводным кальцийгидроксистеаратом; содержит антифрикционные добавки и антиокислительную присадку
Геол-1 (ТУ 38.1011222–89)	Нанесение на поверхность бурильных труб и керноприемных устройств для высокооборотного геологоразведочного бурения	Водостойкая, консервационная и противозадирная. Работоспособна при температуре -10...+60 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная гидратированным кальциевым мылом СЖК или кислот саломаса и хлопкового масла; содержит адгезионные присадки и антифрикционную добавку
Пластол (ТУ 38.5901167–90) *Заменитель:* Долотол Н	Шарошечные долота высокооборотных бурильных механизмов с негерметизированными опорами качения и скольжения	Высокие механическая, коллоидная и антиокислительная стабильности, водостойкость, триботехнические и консервационные характеристики. Работоспособна при температуре -20... +130 °С	Нефтяное остаточное масло, загущенное гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную, противоизносную, адгезионную присадки и антифрикционный наполнитель
Электроконтактные смазки			
ВНИИНП-248 (ТУ 38.101643–76)	Скользящие электрические контакты проволочных резисторов	Мягкая консистенция, высокое удельное сопротивление, хорошие морозо-, термо- и водостойкости. Работоспособна при температуре -60...+200 °С	
ВНИИНП-502 (ТУ 38.101771–79) *Заменитель:* КСБ	Слаботочные электрические контакты модульных переключателей	Электроконтактная, высокие водостойкость, адгезия, механическая стабильность и консервационные свойства. Работоспособна при температуре -40...+100 °С	

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
Электра-1 (ТУ 38.1011030-85) *Заменитель:* КСБ	Скользящие контакты типа «кольцо-щетка» коллекторного узла вращающихся трансформаторов	Высокая термическая стабильность, хорошие противоизносные характеристики и водостойкость, большой срок службы при переходном сопротивлении менее 0,1 Ом. Работоспособна при температуре -40...+120 °С	
КОНСЕРВАЦИОННЫЕ (ЗАЩИТНЫЕ) СМАЗКИ			
Пушечная (ПВК) (ГОСТ 19537-83) *Заменители:* ГОИ-54п, Солидол С, ВТВ-1	Защита от коррозии металлических изделий, предотвращение ржавления изделий из черных и цветных металлов, консервация металлических изделий и механизмов	Высокие адгезионные и консервационные свойства, водостойкость, удерживается на наклонных и вертикальных поверхностях. Работоспособна при температуре -50.. +50 °С	Нефтяное масло, загущенное петролатумом и церезином; содержит антикоррозионную присадку
ВНИИСТ-2 (ТУ 38.101379-73)	Изоляция наземных трубопроводов	Полужидкая, морозостойкая. Работоспособна при температуре -60.. +40 °С	Смесь нефтяного масла, загущенная петролатумом; содержит защитную смазку НГ-204у
ВТВ-1 (ТУ 38.101180-76) *Заменитель:* Пушечная	Предотвращение окисления клемм аккумуляторов автомобилей, консервация металлических изделий и наружных поверхностей механизмов при транспортировании или длительном хранении	Высокие водостойкость, адгезионные и консервационные свойства, хорошая морозостойкость. Работоспособна при температуре -40... +45 °С	Нефтяное масло, загущенное церезином и парафином; содержит антикоррозионную и адгезионную присадки
ВТВ-1, аэрозольная упаковка (ТУ 6 15.954-80)	Консервация неокрашенных и декоративных металлических поверхностей, клемм аккумуляторов, замков автомобилей	Морозостойкая. Работоспособна при температуре -40...+50 °С	Раствор вазелина ВТВ-1 в бензине-растворителе

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
ПП-95/5 (ГОСТ 4113-80) *Заменитель:* Пушечная	Защита от коррозии боеприпасов при особо длительном хранении	Хорошие водостойкость, адгезия и консервационные свойства. Работоспособна при температуре -40.. +40 °С	Сплав петролатума с парафином; содержит избыток NaOH (до 0,2 %)
АК (ТУ 32 ЦТ 552-78) *Заменители:* Пушечная, ПП-95/5	Защита от коррозии стальных тросов и деталей контактной сети электрофицированных железных дорог	Работоспособна при температуре -40... +50 °С	Цилиндровое масло, загущенное церезином; содержит избыток NaOH (до 0,3 %)
ЗЭС (ТУ 38 101474-74) *Заменитель* АМС-1	Защита от коррозии грозозащитных тросов и арматуры высоковольтных линий электропередач, машин и механизмов, хранящихся и эксплуатируемых на открытом воздухе	Высокие водостойкость и адгезия, хорошие консервационные свойства. Работоспособна при температуре до +80 °С	Цилиндровое масло, загущенное алюминиевым мылом СЖК и петролатумом
ПН (ТУ 38 101876-85)	Смазывание малокалиберных спортивных патронов	Высокие коллоидная стабильность, водостойкость, консервационные и антифрикционные свойства. Работоспособна при температуре -30...+50 °С	Нефтяное масло, загущенное твердыми высокоплавкими углеводородами; содержит антикоррозионную и адгезионную присадки
КАНАТНЫЕ СМАЗКИ И ПРОПИТОЧНЫЕ СОСТАВЫ			
Канатная 39У (ТУ 38 УССР 201335-80) *Заменитель.* Трансол-35Б	Рудничные и буровые канаты, тросы, подъемно-транспортные машины	Хорошие водостойкость, адгезия к металлу, консервационные свойства. Работоспособна при температуре -25... +50 °С	Сплав нигрола, гудрона масляного, церезина, кубовых остатков СЖК и триэтаноламина
БОЗ-1 (ТУ 39 9157-75) *Заменители:* 39У, Торсиол-35Б	Стальные канаты при их изготовлении	Хорошие адгезия к металлу, водостойкость и консервационные свойства. Работоспособна при температуре -20. .+50 °С	Нефтяное масло, загущенное озокеритом и петролатумом; содержит антикорозионную присадку
Торсиол-35Б (ТУ 38 УССР 201214-80) *Заменитель:* 39У	Стальные канаты различного назначения при их изготовлении	Хорошие водо- и морозостойкость, адгезионные, консервационные и антифрикционные свойства. Работоспособна при температуре -35...+50 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная церезином; содержит буроугольный воск и окисленный петролатум

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
Торсиол-35Э (ТУ 38 УССР 201214-80) *Заменитель:* Торсиол-35Б Торсиол-55 (ГОСТ 20458-89)	Смазывание стальных канатов различного назначения при их эксплуатации	Водо- и морозостойкая. Работоспособна при температуре -35...+50 °С	Смазка Торсиол-35Б, разбавленная перхлорэтиленом
	Стальные канаты при их изготовлении, работающие при особо низких температурах, смазывание канатов при эксплуатации	Морозостойкая, высокие водостойкость, адгезия к металлу, антифрикционные и консервационные свойства. Работоспособна при температуре -60...+50 °С	Смесь нефтяного масла и кремнийорганической жидкости, загущенная твердыми углеводородами; содержит антикоррозионную присадку
Ваерол (ТУ 38 УССР 201406-86)	Стальные канаты промысловых и грузоподъемных устройств морских судов при их изготовлении	Высокие адгезия к металлам, водостойкость, защитные свойства и антифрикционные характеристики. Работоспособна при температуре -30...+50 °С	Смесь нефтяных масел, загущенная церезином и природными восками; содержит антикоррозионную и адгезионную присадки
Ваерол-Э (ТУ 385901136-89)	Смазывание в процессе эксплуатации стальных канатов промысловых и грузовых устройств морских судов	Высокие адгезия к металлу, водостойкость, защитные свойства и антифрикционные характеристики. Работоспособна при температуре -30...+50 °С	Смазка Ваерол, разбавленная растворителем
КФ-10 (ТУ 38 УССР 201379-86)	Канаты многоканатных подъемных устройств с фрикционными шкивами при их изготовлении	Фрикционная, высокие адгезия, водостойкость, консервационные свойства; обеспечивает необходимый коэффициент трения между канатами и фрикционными шкивами. Работоспособна при температуре -10...+50 °С	Нефтяные масла, загущенные петролатумом и битумным структурообразователем; содержит канифоль
Канатол (ТУ 301-04-032-94)	Стальные канаты в процессе их изготовления	Защищает от изнашивания и коррозии. Работоспособна при температуре -35...+50 °С	Нефтяные масла, загущенные твердыми углеводородами
Е-1 (ГОСТ 15037-69) *Заменитель:* Е-86	Пропитка органических сердечников стальных канатов общего назначения	Высокие адгезионные, консервационные, антифрикционные свойства и водостойкость. Работоспособна при температуре -20...+50 °С	Нигрол зимний, загущенный петролатумом; содержит серу и нафтенат меди

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
Е-9 (ТУ 38 УССР 201223-75)	Пропитка органических сердечников стальных канатов, работающих со смазкой Торсиол-55	Наиболее морозостойкая из всех пропиточных составов. Работоспособна при температуре -50...+50 °С	Смесь нефтяного и синтетического масел, загущенная октолом и озокеритом; содержит нафтенат меди и серу
Е-86 (ТУ 38.501156-88) *Заменитель:* Е-1	Пропитка органических сердечников стальных канатов общего назначения	Высокие адгезионные, консервационные и антифрикционные характеристики, водостойкость. Работоспособна при температуре -35...+50 °С	Нефтяное масло, загущенное природными восками; содержит адгезионную и антисептическую присадки
ЛЗ-Е-91 (ТУ 301-04-034-94) *Заменитель:* Е-86	Пропитка органических сердечников стальных канатов; смазывание контактирующих с сердечником проволок канатов	Работоспособна при температуре -35...+50 °С	Нефтяные масла, загущенные углеводородами; содержит присадки
	УПЛОТНИТЕЛЬНЫЕ (РЕЗЬБОВЫЕ) СМАЗКИ		
Р-2 (ТУ 38.101332-76) *Заменитель:* Р-402	Резьбовые соединения обсадных и насосно-компрессорных труб буровых скважин	Хорошие водо- и морозостойкость. Работоспособна при температуре -30...+50 °С	Смесь индустриальных масел, загущенная стеаратом алюминия; содержит порошок свинца, медную пудру и графит
Р-113 (ТУ 38.101708-78) *Заменитель:* Р-416 (до 100 °С)	Резьбовые соединения забойных двигателей, переводников, долот, замков, бурильных труб глубоких и сверхглубоких скважин	Водостойкая, токсичная. Работоспособна при температуре -30...+200 °С	Смесь кремнийорганической жидкости и нефтяного масла, загущенная стеаратами алюминия и лития; содержит порошок свинца, оксид свинца и сульфид свинца
Р-402 (ТУ 38.101708-78) *Заменитель:* Р-2 (до 50 °С)	Резьбы обсадных труб газоконденсатных скважин и насосно-компрессорных труб любого диаметра	Водостойкая, токсичная. Работоспособна при температуре -50...+200 °С	Смесь нефтяных масел и кремнийорганической жидкости, загущенная стеаратами лития и алюминия; содержит порошки свинца, цинка, меди и графит

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
ВНИИНП-263 (ГОСТ 16862–71) *Заменитель:* Р-416	Обеспечение герметичности резьбовых соединений, облегчение ввертывания и вывертывания резьб	Хорошие водо- и морозостойкость, при температуре выше +100 °С высыхает; обеспечивает герметичность резьбового соединения при нормальном давлении и неглубоком вакууме. Работоспособна при температуре -50...+100 °С	Нефтяное масло, загущенное модифицированным силикагелем; содержит многофункциональную присадку
ВНИИНП-291 (ТУ 38.001198–74) *Заменитель:* ВНИИНП-292	Герметизация кранов, находящихся в системах подачи хозяйственно-питьевой воды	Хорошие водостойкость и коллоидная стабильность, нерастворима в нефтепродуктах. Работоспособна при температуре 0...+100 °С	Касторовое масло, загущенное неорганическим загустителем; содержит глицерин
ВНИИНП-292 (ТУ 38101472–74) *Заменитель:* ВНИИНП-291	То же	Высокие адгезия к металлам и водостойкость. Работоспособна при температуре 0...+100 °С	Нефтяное масло, загущенное модифицированным силикагелем; содержит вязкостную присадку
Вакуумная (ТУ 38.5901248–90) *Заменитель:* ВНИИНП-300	Уплотнение подвижных соединений вакуумных установок из стекла и металла	Каучукообразная мазь, исключительно водостойкая, высокие адгезионные и консервационные свойства. Работоспособна при температуре 0...+40 °С	Высоковязкое вазелиновое масло, загущенное церезином; содержит натуральный каучук
Замазка вакуумная (ТУ 38.5901248–90)	Уплотнение разборных, но неподвижных соединений вакуумных установок	Водостойкая, высокие адгезионные и консервационные характеристики. Работоспособна при температуре -10...+40 °С	Высоковязкое вазелиновое масло, загущенное вакуумной смазкой и церезином; содержит косметический каолин
Замазка ЗЗК-3у (ГОСТ 19538–74)	Герметизация щелей в люках, крышках, дверях и других неплотностей транспортных машин при их длительной консервации	Высокие адгезионные свойства и водостойкость. Работоспособна при температуре -40...+50 °С	Высоковязкое нефтяное масло, загущенное алюминиевым мылом СЖК или стеариновой кислоты и петролатумом; содержит синтетический каучук

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
ЛЗ-162 (ТУ 38.101315–77)	Прямоточные задвижки и пробковые краны фонтанирующих нефтяных и газовых скважин при давлении в забое до 100 МПа	Растворима в углеводородах и не растворима в воде. Работоспособна при температуре -25...+130 °С	Маловязкое нефтяное масло, загущенное литиево-цинковым мылом СЖК или стеариновой кислоты, содержит канифоль, порошкообразную слюду и оксид алюминия
Бензиноупорная (ГОСТ 7171–78) *Заменитель:* смазка для газовых кранов (наземная техника)	Герметизация пробковых кранов и резьбовых соединений топливных и масляных систем	Практически нерастворима в органических растворителях и воде. Работоспособна при температуре -10...+40 °С	Окисленное касторовое масло, загущенное цинковым мылом кислот касторового масла
Для газовых кранов (ТУ 38.101316–78) *Заменитель:* Кранол	Арматура газовых магистралей и распределительных станций при давлении до 5 МПа	Не растворима в нефтепродуктах, хорошо растворима в спирте и кислородсодержащих растворителях. Работоспособна при температуре 0...+50 °С	Касторовое масло, загущенное гидратированным кальциевым мылом кислот касторового масла
Насосная (ТУ 38.101311–78) *Заменитель:* ЛЗ-162	Сальниковые уплотнения нефтяных и грязевых насосов высокого давления буровых установок	Водостойкая, нерастворима в углеводородах, спиртах, глицерине и т.п. Работоспособна при температуре -20...+120 °С	Окисленное касторовое масло, загущенное коллоидно-графитовым препаратом; содержит стеарат лития в качестве стабилизатора структуры
Арматол-238 (ТУ 38.101812–83)	Герметизация запорных устройств устьевого нефтепромыслового оборудования нефтяных и газовых месторождений; используют при содержании в газе < 25% ($H_2S + CO_2$)	Мало растворима в жидких и газообразных углеводородах, частично растворяется в бензине. Работоспособна при температуре -50...+120 °С	Смесь касторового и синтетического масел, загущенная модифицированным аэросилом; содержит графит
Плитол (ТУ 38.5901261–90)	Краны бытовых газовых плит	Низкая испаряемость, хорошие коллоидная стабильность и антифрикционные свойства. Работоспособна при температуре 0...+150 °С, кратковременно до +180 °С	Нефтяное масло, загущенное полимочевиной; содержит противоизносную присадку

23 — 1890

7.7. Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные характеристики смазок (продолжение)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Основные эксплуатационные характеристики	Состав
Кранол (ТУ У 13738828.001-97) *Заменитель:* смазка для газовых кранов	Арматура газовых магистралей, газораспределительных и компрессорных станций при давлении до 7,5 МПа	Экологически безвредная, не растворима в нефтепродуктах, растворима в спирте и кислородсодержащих растворителях. Работоспособна при температуре -20 ..+50 °С	Касторовое масло, загущенное гидратированным кальциевым мылом кислот касторового масла, содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки
Резьбол ОМ-2 (ТУ У 24739282.001-96) *Заменители:* Р-402, Р-113	Герметизация и защита от коррозии резьб обсадных, насосно-компрессорных и бурильных труб	Водостойкая, хорошие консервационные и триботехнические свойства, с экологически безвредным наполнителем. Работоспособна при температуре -50.. +200 °С	Нефтяные масла, загущенные немыльным загустителем, содержит присадки и наполнители

Свойства смазок

Пластичные смазки занимают промежуточное положение между жидкими и твердыми смазочными материалами. Они представляют собой структурированные коллоидные системы. Их свойства зависят прежде всего от особенностей трехмерного структурного каркаса, образующегося из дисперсной фазы, который в своих ячейках удерживает большое количество (80—90 %) дисперсионной среды. Устойчивость структурированной системы зависит от прочности структурного каркаса, сил взаимодействия между его отдельными частицами, между элементами структурного каркаса и дисперсионной средой на границе раздела фаз, числа контактов частиц каркаса в единице объема, электростатических свойств, критической концентрации ассоциации различных мыл и других коллоидно-химических факторов.

На устойчивость структурированной системы влияют физико-химические свойства вещества, из которого построен каркас, химическая природа окружающей его среды и наличие поверхностно-активных веществ, обусловливающих размеры и форму элементов структурного каркаса, а также энергию связей в этой системе.

Волокна мыльного загустителя, отличающегося катионом или анионом, имеют присущую только им форму и размеры. Концентрация

дисперсной фазы, присутствие ПАВ и технология изготовления отражаются на структуре смазки. Существует взаимосвязь между дисперсностью, анизометричностью кристаллов мыл и реологическими характеристиками смазок независимо от природы дисперсной фазы и других факторов. При повышении дисперсности элементов структурного каркаса, увеличении отношения длины к диаметру или ширине кристаллов мыла загущающий эффект дисперсной фазы повышается. Дисперсность и анизометричность кристаллов мыл связаны с характером структурообразования, которое, в свою очередь, зависит от строения молекулы мыла. При повышении дисперсности кристаллов мыла число контактов между элементами структурного каркаса, а также поверхность соприкосновения с дисперсионной средой увеличиваются. Создаются благоприятные условия для разного рода энергетических связей в системе и образования прочных коллоидных структур. Поэтому предел прочности, вязкость, коллоидная стабильность смазок определяются дисперсностью и анизометричностью волокон, образующих их структурный каркас, энергией связи между его элементами и взаимодействием дисперсной фазы с дисперсионной средой.

Смазки выделяют в особый класс сложных реологических тел, для которых характерно сочетание хрупкости, обусловленной разрывом жестких связей в каркасе, и пластичности, дающей неограниченно большие деформации без потери сплошности за пределами критической нагрузки. Значение этой нагрузки зависит, главным образом, от прочности структурного каркаса, а вязкость дисперсионной среды, как правило, играет незначительную роль.

Характерная особенность смазок — быстрое восстановление разрушенных связей между частицами дисперсной фазы и приобретение ими свойств твердого тела после снятия нагрузки. Она проявляется в уменьшении предела прочности и вязкого сопротивления при механическом воздействии на смазки и в последующем полном или частичном восстановлении этих свойств после снятия нагрузок. Характер такого восстановления зависит от структуры смазок. Структура смазок может быть двух видов: конденсационная, образующаяся после охлаждения расплава и не восстанавливающаяся после снятия механического воздействия, и обратимая (тиксотропная), восстанавливающаяся после снятия механического воздействия в большей или меньшей степени. Тиксотропное восстановление структуры очень важно для оценки свойств смазок, особенно предназначенных для открытых узлов трения.

Непосредственно после изготовления в смазках преобладае конденсационная структура с большим числом особо прочных связей При механическом воздействии часть связей необратимо разрушается поэтому после его прекращения и продолжительного отдыха смазк полностью не восстанавливают конденсационную структуру, т.е. он являются тиксолабильными системами. Однако из-за наличия в смазка большого числа менее прочных, но более лабильных связей, способны к очень быстрому (практически мгновенному) восстановлению, сплош-ность слоя смазки при течении не нарушается, поскольку места разрыво связи успевают «залечиваться».

При обычных температурах и небольших нагрузках смазк сохраняют приданную им форму, не выбрасываются центробежным силами из открытых и слабо герметизированных узлов трения, н сползают с наклонных и вертикальных поверхностей при нанесени их слоем умеренной толщины. При критической нагрузке, превышающе предел текучести (прочность структурного каркаса обычно равна 50-2000 Па), смазки деформируются и начинают течь как обычные вязки жидкости. После снятия нагрузки течение смазок прекращается, и он приобретают свойства твердого тела.

Смазки отличаются от масел наличием аномального внутренне трения. Их вязкость не описывается законом Ньютона и являетс функцией не только температуры, но и скорости деформации. Вязкост смазок резко уменьшается при повышении градиента скорост деформации, что также отличает их от масел.

Основные преимущества смазок по сравнению с масла следующие: способность удерживаться в негерметизированных узла трения; большая эффективность в работе при одновременно воздействии высоких температур, давлений, ударных нагрузок переменных режимов скоростей; более высокие защитные свойства (о коррозии); повышенная водостойкость; способность обеспечивать луч-шую герметизацию узлов трения и предохранять их от загрязнения значительно меньшая зависимость вязкости от температуры, чт позволяет применять их в более широком интервале температур; лучша смазочная способность; больший срок службы и меньший расход. К недостаткам смазок следует отнести их более низкую охлаждающу способность, большую склонность к окислению и сложность пр использовании в централизованных системах.

Смазки применяют для надежного длительного смазывания узло трения в случаях, когда применение масел невозможно из-за отсутстви герметичности, при невозможности пополнения узла трения смазочны

материалом, а также для уплотнения подвижных и неподвижных соединений и защиты узлов трения от коррозии.

В процессе работы смазка подвергается воздействию повышенных температур, скоростей и нагрузок, а также воздействию различных факторов окружающей среды (кислород воздуха, вода, пары коррозионно-активных соединений, радиация и др.). Это сопровождается термическим разложением, термоокислительными процессами и полимеризацией, которые интенсифицируются деформацией сдвига и каталитическим действием ювенильных поверхностей трения. Все это в совокупности приводит к «старению» смазок и соответственно к ухудшению их эксплуатационных свойств. Расход смазок в процессе работы обусловлен также испарением дисперсионной среды, механической деструкцией дисперсной фазы, выделением масла из смазки и вытеканием его из узла трения.

Основные характеристики смазок (табл. 7.8), по которым судят об их эксплуатационных свойствах и которыми руководствуются при выборе смазок для конкретных узлов трения, установлены ГОСТ 4.23–83 «Система показателей качества продукции. Нефтепродукты. Смазки пластичные. Номенклатура показателей». Этот стандарт устанавливает обязательную номенклатуру показателей и признаков качества смазок, которые необходимо включить в НТД при их разработке. Реологические характеристики (прочностные и вязкостные), водостойкость, испаряемость, окисляемость, антикоррозионные, противоизносные и другие свойства характеризуют работоспособность смазок. Для определения стабильности смазок оценивают их коллоидную, механическую, химическую и термическую стабильности.

В процессе изготовления смазок контролируют показатели, определяющие воспроизводимость их свойств — пенетрацию и температуру каплепадения. По содержанию в смазках воды, свободных щелочей, кислот и механических примесей оценивают их пригодность к применению.

Установлены показатели качества, обязательные для всех или для отдельных видов смазок. К первым относят внешний вид, содержание воды и механических примесей, испытание на коррозию; ко вторым — температуру каплепадения, предел прочности, вязкость, коллоидную, механическую и химическую стабильности, термоупрочнение, испаряемость, содержание органических водорастворимых кислот и свободной щелочи, показатели защитных (от коррозии), противоизносных и противозадирных свойств, адгезию (липкость) и растворимость в воде.

7.8. Реологические и физико-химические свойства смазок

Товарное наименование	Температура каплепадения, °С	Пенетрация при 25°С, ×10⁻¹ мм	Предел прочности при 20°С, Па	Вязкость при 0°С и 10 с⁻¹, Па·с, не более	Коллоидная стабильность, %, не более
АНТИФРИКЦИОННЫЕ СМАЗКИ					
Смазки общего назначения для обычных температур					
Солидол С	85-105	260-310	300-700	200	5
Пресс-солидол С	85-95	310-350	70-200	100	10
Солидол Ж	75-87	230-290	300-600	250	13
Пресс-солидол Ж	≥ 75	330-355	-	100	13
Графитная	77-85	250-280	300-700	100	5
Смазки общаго назначения для повышенных температур					
1-13	≥ 120	180-250	500-1000	500	20
Консталин	≥ 130	225-275	150-300	500	20
Многоцелевые смазки					
Литол-24	≥ 185	220-250	500-1000	280	12
Литол-24РК	≥ 180	200-250	450-1100	280	12
Фиол-1	≥ 185	310-340	≥ 250	200	25
Фиол-2	≥ 180	265-295	≥ 300	250	16
Фиол-2М	≥ 180	265-295	≥ 300	250	15
БНЗ-3	≥ 170	230-280	550-770	500	15
Алюмол	≥ 230	220-250	500-1000	280	12
ЛКМтранс-2	≥ 210	250-290	≥ 500	280	10
Таврол-2	≥ 170	230-280	≥ 450	280	15
Герметин	≥ 180	220-280	≥ 200 (при 80°С)	-	5
Термостойкие смазки					
ЦИАТИМ-221	≥ 200	280-360	250-450	800 (при -50°С)	7
ЦИАТИМ-221с	≥ 200	35 (при -60°С)	40-180	165	9
Униол-2М/1	≥ 200	280-320	200-500	160	10
ВНИИНП-207	≥ 250	220-245	250-500	180	7
ВНИИНП-210	-	390-430	≥70	250	12
ВНИИНП-214	≥ 200	-	≥ 100	160	15
ВНИИНП-219	≥ 250	355-380	250-500	180	7
ВНИИНП-231	-	310-340	250-450	50-75	8
ВНИИНП-233	-	310-340	50-160	100	10
ВНИИНП-235	-	310-340	100-150	300 (-40°С)	19
ВНИИНП-246	-	345-385	400-600	60	10

7.8. Реологические и физико-химические свойства смазок (продолжение)

Товарное наименование	Температура каплепадения, °С	Пенетрация при 25°С, ×10⁻¹ мм	Предел прочности при 20 °С, Па	Вязкость при 0°С и 10 с⁻¹, Па·с, не более	Коллоидная стабильность, %, не более
ВНИИНП-247	≥200	220-250	690	220	8
Графитол	≥250	265-295	350-700	300	8
Аэрол	≥250	265-295	300-700	300	8
Силикол	≥250	220-250	700-1000	550	9
Полимол	≥250	240-280	300-700	400	4
Маспол	≥220	240-280	300-800	400	10
БНЗ-4	≥250	265-295	400-420	150	12
БНЗ-5	≥230	400-430	-	100	-
ПФМС-4С	-	-	100-200	200-250	2
Низкотемпературные смазки					
ЦИАТИМ-203	≥160	250-300	350-700	1000 (-30 °С)	10
Снарядная ВС	≥70	230-280	300-500	230 (-30 °С)	35
ГОИ-54п	≥60	200-245	200-600	1200 (-40 °С)	15
Лита	≥170	240-265	550-750	1000 (-30 °С)	20
Зимол	≥190	240-290	300-1000	2000 (-50 °С)	20
Химически стойкие смазки					
ЦИАТИМ-205	≥65	≥165	≥1200	1000	5
ВНИИНП-279	≥250	310-340	200-300	120	3,5
ВНИИНП-280	-	-	≥350	850 (-40 °С)	8
ВНИИНП-282	≥250	220-250	280-750	250	10
ВНИИНП-283	≥250	200-220	420-790	240	6
ВНИИНП-294	-	265-295	≥580	265	6
ВНИИНП-295	-	310-340	≥130	25-50	5
ВНИИНП-298	-	220-250	≥440	380	6,5
Криогель	-	320-355	260-350	120	9
№ 8	≥140	220-250	500-750	250	14
Фторуглеродная 10 ОКФ	≥150	175-205	≥300	6000	3
Фторуглеродная 3Ф	≥120	265-295	150-250	2000	10
Фторуглеродная КСТ	-	355-385	0	2200	-
Приборные смазки					
ЦИАТИМ-201	≥175	265-310	350-500	1100 (-50 °С)	26
ОКБ-127-7	≥180	175-205	1000-1500	500	10
ОКБ-122-7-5	≥150	210-250	500-1000	700 (-10 °С)	12
ЦИАТИМ-202	≥170	265-325	200-300	150	20
АЦ-1, АЦ-3	≥100	250-290	900-1100	65	15
Дельта-I, Дельта-III	≥180	175-205	700-1500	75	28
СОТ	-	220-250	≥400	90	6

7.8. Реологические и физико-химические свойства смазок (продолжение)

Товарное наименование	Температура каплепадения, °С	Пенетрация при 25°С, $\times 10^{-1}$ мм	Предел прочности при 20 °С, Па	Вязкость при 0°С и 10 c^{-1}, Па·с, не более	Коллоидная стабильность, %, не более
ВНИИНП-223	≥180	320-370	≥150	60	15
ВНИИНП-228	≥180	320-370	≥110	40	14
ВНИИНП-257	≥190	-	80-100	35	12
ВНИИНП-258	-	-	≥100	70	10
ВНИИНП-260	≥ 200	320-360	110-170	100 (100 c^{-1})	8
ВНИИНП-270	≥175	-	≥150	40	16
ВНИИНП-271	≥170	310-340	100-200	75	35
ВНИИНП-274	≥190	-	270-370	80	18
ВНИИНП-286	≥170	210-250	500-660	110	35
ВНИИНП-293	≥170	-	140-170	180	31
ВНИИНП-299	-	310-340	≥ 280	680	3
Орион	≥180-200	175-205	600-1200	2300 (-20 °С)	6
Полужидкие смазки					
ЦИАТИМ-208	-	300-360 (-15 °С)	-	18000 (-30 °С)	-
Шахтол	-	-	-	-	-
Шахтол-К	-	-	-	-	-
СТП-Л	-	≥ 25 (0 °С)	-	-	-
СТП-3	-	80-100 (0 °С)	-	-	-
ОЗП-1	30-35	280-420	-	-	-
Трансол-100	≥150	400-430	-	1200 (-30 °С)	35
Трансол-200	≥150	400-430	-	1400 (-30 °С)	30
Трансол-300	≥140	360-390	-	1500 (-30 °С)	30
Трансол РОМ	≥140	380-450	-	-	35
Редуктол М	-	400-450	-	1500	-
Редуктол	-	400-450	-	1500	-
СКП-М	≥140	380-450	-	200	-
ЛЗ-ПЖЛ-00	≥160	400-440	-	-	-
Приработочные пасты					
Лимол	≥ 240	310-340	≥ 250	250	3
ВНИИНП-225	-	400-430	≥ 300	120	15
ВНИИНП-232	-	220-250	≥1800	300	4
СМАЗКИ УЗКОСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ (ОТРАСЛЕВЫЕ)					
Смазки для электрических машин					
ЛДС-1	≥185	230-270	500-700	200	18
ЛДС-3	≥185	220-260	500-700	280	18
ВНИИНП-242	≥170	220-250	500-1200	500	10
ЭШ-176	≥170	175-205	≥3000	1200	11

7.8. Реологические и физико-химические свойства смазок (продолжение)

Товарное наименование	Температура каплепадения, °С	Пенетрация при 25°С, $\times 10^{-1}$ мм	Предел прочности при 20 °С, Па	Вязкость при 0°С и 10 c^{-1}, Па·с, не более	Коллоидная стабильность, %, не более
СВЭМ	≥180	265-295	560-660	110	10
Автомобильные смазки					
АМ карданная	≥115	220-270	500-700	300	15
Литол-459/5	≥195	180-190	≥1900	580	6
ЛСЦ-15	≥185	250-280	≥ 500	280	15
ШРБ-4	≥230	265-295	≥ 200	80	10
ШРУС-4	≥190	250-280	300-700	250	16
Фиол-2У	≥180	255-295	≥ 300	170	12
№158	≥132	310-340	150-500	400	23
ЛЗ-31	≥188	220-250	500-620	280	12
КСБ	≥170	245-275	300-800	400	8
ДТ-1	≥110	315-345	≥150	230	12
Дисперсол-1	≥85	270-310	-	-	15
МЗ-10	≥70	265-295	≥ 210	70	8
Литин-2	≥190	265-295	-	-	10
Железнодорожные смазки					
ЛЗ ЦНИИ	≥130	200-260	700-1000	450	23
ЖРО	≥180	190-250	800-1000	370	12
Кулисная ЖК	≥1000	270-325	220-420	150	12
ЦНИИ-КЗ	125-130	310-340	≥ 360	400	-
ЖТ-72	170-200	310-340	≥ 830	220	10
ЖТ-79Л	170-192	240-290	750-920	230	15
ЖА	≥100	190-275	≥ 2000	4000	1
ЖР	≥ 95	270-350	≥ 820	270	3
ЖД	≥100	35-70	-	-	-
Контактная	≥ 90	≥ 240	1500-2000	750	3
Морские смазки					
АМС-1	≥ 90	300-350	60-200	1000	6
АМС-3	≥100	200-250	450-1200	2000	5
МС-70	≥ 80	220-260	400-800	120	10
МУС-3А	≥70	220-260	≥ 600	60	7
МЗ	≥100	230-240	580-680	200	8
Авиационные смазки					
Эра	≥180	310-370	200-400	115	35
ВНИИНП-254	≥165	310-340	300-400	50	25
ВНИИНП-261	≥ 250	265-295	240-420	70	5
ВНИИНП-281	≥ 200	310-340	≥ 330	90	15

7.8. Реологические и физико-химические свойства смвзок (продолжение)

Товарное наименование	Температура каплепадения, °С	Пенетрация при 25°С, ×10⁻¹ мм	Предел прочности при 20 °С, Па	Вязкость при 0°С и 10 с⁻¹, Па·с, не более	Коллоидная стабильность, %, не более
Свинцоль-01	≥170	290-320	≥230	120	24
Свинцоль-02	≥150	400-430	≥225	110	15
СТ (НК-50)	≥200	170-225	700-1200	1000	7
№9	≥92	≤330	≥250	50	15
Индустриальные смазки					
Униол-2М/2	≥205	330-380	≥410	110	12
ИП-1	≥85	280-310	250-450	250	10
ЛКС-2	≥200	265-295	≥300	180	12
ЛКС-металлургическая	≥200	250-350	≥300	280	15
Прессол-М	≥150	300-360	≥100	-	25
КСБ	≥140	190-250	≥400	350	15
ЛС-1П	≥185	310-340	≥100	40	25
Старт	≥180	300-320	180-200	35	15
Сиол	-	310-340	≥200	150	18
ВНИИНП-273	-	210-250	300-600	275	6
Ротационная ИР	≥95	275-350	50-170	150	10
Термолита	Не плавится	290-350	-	-	15
Омметерма-2	≥200	265-320	-	-	12
Омметсупертерма	>220	250-320	-	-	12
Центролита	≥200	280-340	≥150 (50°С)	110	15
ЛКС-текстильная	≥200	265-310	≥150 (50°С)	230	20
Прессол	≥180	300-340	≥100	100	25
ЛДС-3М	≥185	240-290	≥180 (80°С)	-	18
Текстол	≥160	250-300	≥150 (50°С)	400	16
Буровые смазки					
Долотол Н	≥185	250-310	≥600	1000	10
Долотол АУ	≥235	320-370	≥120	1100	12
Долотол НУ	≥140	250-310	≥300	680	10
Геол-1	≥100	265-300	≥100	1500	10
Пластол	≥190	210-260	1100-1600	1000	10
Электроконтактные смазки					
Паста 164-39	-	310-340	200-450	125-140 (+20°С)	4
ВНИИНП-248	-	-	80-250	-	8
ВНИИНП-502	-	265-295	350-470	85-100 (+20°С)	7
Электра-1	-	355-385	≥70	20-30 (+20°С)	35

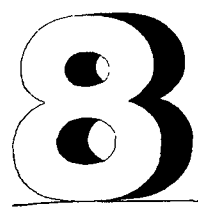
7.8. Реологические и физико-химические свойства смазок (продолжение)

Товарное наименование	Темпервтура каплепвдения, °С	Пенетрация при 25°С, ×10⁻¹ мм	Предел прочности при 20 °С, Па	Вязкость при 0°С и 10 с⁻¹, Па·с, не более	Коллоидная стабильность, %, не более
КОНСЕРВАЦИОННЫЕ (ЗАЩИТНЫЕ) СМАЗКИ*					
Смазки общего назначения					
Пушечная (ПВК)	≥60	-	1000-2500	1500	4
ВНИИСТ-2	≥25	-	-	-	-
ВТВ-1	≥54	-	≥1000	100	5
ВТВ-1 *в аэрозольной упаковке*	-	-	-	-	-
ПП-95/5	≥57	-	≥2000	10000 (10°С)	1,1
АК	>60	-	≥470	525	3
ЗЭС	≥105	-	150-500	1200	4
ПН	≥60	25-55	-	-	1.7
БВН-1	-	-	-	20	-
Канатные смазки и пропиточные составы					
Канатная 39у	65-75	-	-	2000	-
БОЗ-1	60-75	-	-	4000	-
Торсиол-35Б	65-80	350-360	-	800	3
Торсиол-35Э	≥65	-	-	-	-
Торсиол-55	60-80	350	-	200	-
Ваерол	70	-	-	-	-
Ваерол-Э	52-53	-	-	-	-
ВНИИНП-265	70	-	-	-	-
ВНИИНП-278	≥60	-	-	-	-
КФ-10	80-100	40-70 (иглой)	-	-	-
Канатол	60-75	-	-	-	-
Е-1	40-55	340-360	-	800	-
Е-9	≥50	340-360	-	370	-
Е-86	45-55	340-360	-	-	-
ЛЗ-Е-91	45-60	-	-	-	-
УПЛОТНИТЕЛЬНО-РЕЗЬБОВЫЕ СМАЗКИ					
Р-2	80-105	280-400	>60	60	6
Р-113	≥125	270-330	≥450	230	8
Р-402	≥130	270-330	>60	75	8
Р-416	≥130	130-180	≥800	500	8
ВНИИНП-263	-	300-340	>160	50	18
ВНИИНП-291	≥200	85-115	-	-	0.7
ВНИИНП-292	≥215	85-115	-	-	0,7
ВНИИНП-300	≥60	120-160	≥1600	5000	-
Вакуумная	≥50	220-250	≥1000	1000	-

7.8. Реологические и физико-химические свойства смазок (продолжение)

Товарное наименование	Температура каплепадения, °С	Пенетрация при 25°С, ×10⁻¹ мм	Предел прочности при 20 °С, Па	Вязкость при 0°С и 10 с⁻¹, Па·с, не более	Коллоидная стабильность, %, не более
Замазка вакуумная	≥240	≥70	-	-	-
Замазка 33К-3у	≥115	40-80	≥2000	-	-
ЛЗ-162	≥149	150-200	≥930	430	6
Бензиноупорная	≥55	30-80	≥2500	-	1,2
Для газовых кранов	≥60	35-70	≥1000	-	3
Насосная	≥140	300-350	≥150	300	-
Арматол-238	≥160	300-360	≥150	150	15
Плитол	≥230	-	≥360	550	4
Кранол	≥60	35-70	-	-	-
Резьбол ОМ-2	-	330-390	≥50(80°С)	-	8
ЛЗ-162у	≥149	150-200	≥280(50°С)	-	6

* В качестве консервационных смазок общего назначения применяют также вазелины: технический. медицинский (ГОСТ 3582-84), ветеринарный (ГОСТ 13037-84) и конденсаторный (ГОСТ 5774-76).



8 КОНСЕРВАЦИОННЫЕ СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Основные методы борьбы с коррозией

Огромный вред изделиям из металлов и сплавов, являющихся наиболее распространенными конструкционными материалами, наносит коррозия.

Под коррозией понимают физико-химическое или химическое взаимодействие между металлом и средой, приводящее к ухудшению функциональных свойств металла, среды или включающей их технической системы. Химическое взаимодействие определяет, главным образом, химическую коррозию, характеризующуюся непосредственным взаимодействием реагирующих частиц металла и среды без возникновения электрического тока. Физико-химическое взаимодействие характерно для электрохимической и механо-химической коррозии, сопровождающейся возникновением электрического тока (ток коррозии). При механо-химической коррозии (коррозионно-механическом изнашивании) электрохимические процессы накладываются на механическое взаимодействие: трение, напряжение, циклическое давление и др. В зависимости от вида коррозийной среды и условий протекания коррозионного процесса различают около 40 видов коррозии: атмосферная, газовая, подземная, биокоррозия, контактная, коррозия при трении, щелевая и др.

Узлы и детали автомобилей, сельскохозяйственной, строительной и военной техники, станки, другие металлоизделия во время

их изготовления, транспортирования, хранения, периодической или постоянной эксплуатации подвергаются практически всем видам коррозии, из которых наибольшее значение имеет атмосферная коррозия. Это связано с тем, что она способна протекать в самых разнообразных условиях: на открытых площадках, при хранении под навесом, в отапливаемом и неотапливаемом помещениях.

При увеличении относительной влажности воздуха, резком перепаде температур, наличии в воздухе коррозионно-агрессивных примесей хлора, аммиака, сероводорода и других скорость атмосферной коррозии возрастает и коррозионное разрушение металлоизделий увеличивается.

Ущерб, наносимый коррозией, состоит не только в потере массы металла, но, главное, в ухудшении функциональных свойств (потребительской стоимости) металлоизделия, в снижении надежности металлоизделия и системы в целом. Потери, наносимые коррозией, в развитых странах достигают 8–10 % национального дохода. Эти потери условно делят на прямые (потери до 10 % ежегодно выплавляемого металла) и косвенные, во много раз превышающие прямые потери: остановка производств, взрывы, пожары, экологические бедствия (загрязнение окружающей среды), связанные с авариями на нефте- и газопроводах, разрушением резервуаров, коммуникаций, выходом из строя транспортных средств, наземных и подземных сооружений.

Комплекс мероприятий по защите металлоизделий от коррозии и коррозионно-механического изнашивания называют *противокоррозионной защитой*, которую условно разделяют на постоянную и временную.

Постоянная противокоррозионная защита предусматривает использование коррозионностойких материалов (легированные стали, полимеры, композиционные и стеклянные материалы) и покрытий (гальванические, фосфатные, лакокрасочные и др.), применение анодной и катодной защиты и т.д.

Под *временной противокоррозионной защитой* понимают возобновляемый комплекс мероприятий по защите металлоизделий от коррозии и коррозионно-механического изнашивания во время изготовления, межоперационного или длительного хранения, транспортирования и эксплуатации металлоизделий. Осуществление противокоррозионной защиты на время хранения и транспортирования называют *консервацией*.

Важное место среди средств временной противокоррозионной защиты занимают консервационные смазочные материалы, к которым относят:

ингибиторы коррозии (ИК);

консервационные (КМ) и рабоче-консервационные масла (РКМ);

пленкообразующие ингибированные нефтяные составы (ПИНС);

защитные водовытесняющие составы (ЗВВС).

В табл. 8.1 приведены основные области применения вышеперечисленных защитных материалов, а в табл. 8.2 — требования к их качеству.

Как следует из табл. 8.2, качество защитных смазочных материалов, оцениваемое на всех стадиях их разработки, производства, применения характеризуется многими показателями. Выбор одного из них в качестве критерия невозможен. Это обусловлено многофункциональностью таких продуктов и, как следствие, сложностью компонентного состава.

В процессе разработки защитных продуктов с оптимальными функциональными свойствами в зависимости от назначения и области применения проводится всесторонняя оценка их физико-химических, поверхностных, защитных свойств с применением стандартных и научно-исследовательских методов. При этом из всех существующих методов отбирают те, которые в наиболее полной мере позволяют оценить качество разрабатываемого продукта, механизм его действия. Все используемые методы разделяют на группы в соответствии с тем, какое функциональное свойство они позволяют оценить. Группы методов объединяют в систему моделирования и оптимизации функциональных свойств (СМОФС). При таком системном подходе к проведению испытаний единичные показатели качества исследуемых продуктов, получаемые с помощью лабораторных методов, подвергают математической обработке по специально разработанным алгоритмам. Это позволяет на основе свертки большого объема экспериментальной информации определить обобщенные показатели качества материалов, наиболее достоверно отражающие уровень их эффективности при применении. Комплексная система оценки качества позволяет расчетным путем определить ожидаемые сроки хранения изделий, защита от коррозии которых осуществлена тем или иным видом консервационного материала (см. табл. 8.2).

8.1. Области применения консервационных смазочных материалов

Вид материала	Основное назначение
Ингибиторы коррозии:	
маслорастворимые (МИК)	Введение в рабочие масла для внутренней консервации металлоизделий. Компонент моторных и трансмиссионных масел с улучшенными защитными свойствами, ПИНС, ЗВВС, КМ, РКМ, топлива
водомаслорастворимые (ВМИК)	Компонент защитных составов и композиций
водорастворимые (ВИК)	Компонент защитных составов и композиций
Консервационные масла (КМ)	Для защиты от коррозии наружных и внутренних поверхностей техники, запасных частей и инструмента, хранящихся без непосредственного воздействия климатических факторов
Рабоче-консервационные масла	Для хранения, транспортирования, периодической и постоянной эксплуатации техники
Пленкообразующие ингибированные нефтяные составы:	
группа Д-1	Для длительной консервации наружных поверхностей грузовых автомобилей, сельскохозяйственной техники, дорожных машин
группа Д-2	Продукты этой группы образуют на металле более тонкие пленки, чем продукты группы Д-1. Область применения та же, что и для Д-1
группа МЛ-1	Для защиты скрытых и труднодоступных внутренних поверхностей металлоизделий
группа МЛ-2 (тиксотропные)	Назначение аналогично назначению продуктов группы МЛ-1
группа З.Ч.	Для дополнительной защиты от коррозии деталей с гальваническими и лакокрасочными покрытиями, а также запасных частей, металлического листа при межоперационном хранении
Защитные водовытесняющие составы	Для удаления влаги; там, где нужны хорошие проникающие свойства

На заводах-изготовителях и предприятиях-потребителях применяют известные, в основном стандартные, методы, оценивающие некоторые физико-химические и защитные свойства, позволяющие осуществлять контроль качества продукции при ее производстве, хранении и применении. Эти методы включают в нормативно-техническую документацию на продукт.

Допуск к применению защитных смазочных материалов выдается после стендовых и, в необходимых случаях, натурных испытаний.

Применение консервационных смазочных материалов для различных видов техники регламентируется нормативно-технической документацией на изделие, а также специальными стандартами



8.2. Требования к качеству консервационных смазочных материалов

Показатели	Вид материала: МИК	КМ, Консервация: наружная	КМ, Консервация: внутренняя	ПИНС группы: Д-1	ПИНС группы: Д-2	ПИНС группы: МЛ-1	ПИНС группы: МЛ-2	ПИНС группы: З.Ч.	ЗВВС
Водовытеснение и быстродействие	С	С	С	Н	С	В	Н	В	В
Поверхностные свойства (растекаемость, проникающая и пропитывающая способность)	Н	Н	С	Н	Н	В	Н	С	В
Ингибирование водной фазы	С	С	С	Н	С	В	С	В	В
Влияние на износ и коррозию: эффективность в условиях электрохимической коррозии:									
атмосферной	С	В	С	В	С	В	В	С	С
кислотной	Н	Н	Н	С	С	С	С	С	С
щелевой	Н	Н	Н	Н	Н	В	Н	Н	В
растрескивания	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	С
питтинга	С	Н	Н	С	С	С	С	С	С
абразивное и гидроабразивное изнашивание	Н	С	Н	В	С	Н	Н	Н	Н
усталостное и коррозионно-усталостное изнашивание	С	Н	Н	С	С	В	В	Н	С
фреттинг-коррозия	С	Н	Н	Н	Н	С	С	Н	С
Устойчивость пленки к радиации и старению	С	С	С	С	С	С	С	С	С
Гарантийные сроки хранения, годы, в условиях (по ГОСТ 15150-69):									
легких	5	7	7	15	14	13	11	10	3
средних	3	5	3	9	8	8	7	5	2
жестких	1	3	1	7	5,5	5	5	2	1
особо жестких	-	1	-	3	2,5	2,5	2	1	0,3

Принятые обозначения. В — высокие свойства, С — средние, Н — низкие.

24 -- 1890

Единой системы защиты от коррозии и биоповреждений (ЕСЗКС). Так, например, общие требования к консервации металлоизделий в промышленности изложены в ГОСТ 9.014–78 ЕСЗКС; при межоперационной защите полуфабрикатов, деталей и сборочных единиц — в ГОСТ 9.028–74. Правила применения и ассортимент защитных материалов для использования в сельском хозяйстве приведены в ГОСТ 7751–85.

При выборе средства временной противокоррозионной защиты (консервационного смазочного материала) для достижения наибольшей эффективности необходимо учитывать все аспекты его использования: вид защищаемого изделия, его конфигурацию, применяемые при его изготовлении металлы (черные, цветные); характеристику климата (холодный, умеренный, сухой, влажный тропический) и атмосферы (сельская, лесная, горная, промышленная, морская), а также условия (категории) хранения, транспортирования и эксплуатации изделий (ГОСТ 15150-69):

легкие (Л) — хранение в отапливаемых складах и помещениях с контролируемыми параметрами атмосферы;

средние (С) — то же в неотапливаемых складах, под навесами и чехлами, в том числе межоперационное хранение, транспортирование в трюмах и закрытых вагонах;

жесткие (Ж) — хранение, транспортирование, периодическая и постоянная эксплуатация металлоизделий под открытым небом в умеренном климате и сельской атмосфере;

особо жесткие (ОЖ) — то же в промышленной и морской атмосфере, а также при хранении на открытых площадках во всех климатических зонах;

особо тяжелые (ОТ) — контакт металлоизделий с особо агрессивной средой.

Маслорастворимые ингибиторы коррозии

Различают коррозионные свойства нефтепродуктов, связанные в основном с химическими процессами и зависящие от способности

самих нефтепродуктов вызывать или предотвращать химическую и электрохимическую коррозии металла, и защитные свойства, т.е. способность продуктов предохранять металл от электрохимической коррозии в присутствии электролита. Соответственно различают противокоррозионные присадки, уменьшающие химическо-электрохимическую коррозию (прежде всего, цветных металлов при высоких температурах) и маслорастворимые ингибиторы коррозии (МИК), улучшающие защитные свойства нефтепродуктов.

Ингибиторы коррозии — от латинского слова inhibire (сдерживать, останавливать, предотвращать) — химические вещества, влияющие на химические и (или) физико-химические взаимодействия между металлом и средой и способные предотвращать, уменьшать или приостанавливать коррозию.

Ингибиторы коррозии являются поверхностно-активными веществами (ПАВ); их подразделяют на водорастворимые (ВИК), водомаслорастворимые (ВМИК) и маслорастворимые (МИК) соединения (см. табл. 8.1). Существует связь между химическим строением ПАВ — ингибиторами коррозии, их поверхностной активностью на границе с воздухом, водой и металлом и защитной эффективностью. Общие закономерности поверхностной активности и мицеллообразования маслорастворимых ингибиторов анионо- и катионоактивного типов в углеводородных средах являются, в известной мере, «зеркальным» отображением соответствующих закономерностей для водорастворимых ПАВ в полярных средах. С увеличением молекулярной массы маслорастворимых ПАВ, уменьшением их гидрофильно-лиофильного (олеофильно-гидрофильного) баланса уменьшается полярность, возрастает энергия связи со средой, убывает поверхностная активность и критическая концентрация мицеллообразования, при этом защитные свойства ухудшаются.

На основании изучения объемных и поверхностных свойств маслорастворимых ингибиторов коррозии предложено разделить их на ингибиторы хемосорбционного и адсорбционного (экранирующего) действия. В свою очередь, ингибиторы коррозии хемосорбционного действия подразделяют на ингибиторы анодного действия (доноры электронов) и ингибиторы катодного действия (акцепторы электронов). Ингибиторы-доноры электронов (сульфированные и нитрованные масла и др.) содержат группы с сильным отрицательным суммарным электронным эффектом (NO_2, CO, SO_3H).

Ингибиторы-акцепторы электронов (амины, имидазолины, алкенилсукцинимиды и др.) содержат группы с положительным суммарным электронным эффектом (NH_2, NH, OH).

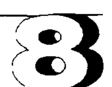
К ингибиторам адсорбционного действия относят, например, окисленный петролатум, жирные кислоты, сложные эфиры. Многие ПАВ адсорбционного типа являются одновременно быстродействующими и водовытесняющими компонентами, что обеспечивает быстрое и качественное удаление воды с поверхности металла благодаря образованию водородных связей, солюбилизации и эмульгированию.

Комбинированные защитные присадки содержат следующие функциональные маслорастворимые ПАВ: ингибиторы коррозии хемосорбционного и адсорбционного типов, водовытесняющие и быстродействующие ПАВ, ингибирующие водную фазу — электролит; противоокислительные и противокоррозионные присадки.

Отечественные комбинированные ингибиторы коррозии первого поколения (АКОР-1) обладают недостаточной защитной эффективностью, и их добавляют в масла в количестве 10–20 % (мас. доля). Композиции присадок-ингибиторов коррозии (пакеты) второго поколения более эффективны и обеспечивают защиту двигателей от износа (в зависимости от условий от трех до 15 лет) при содержании в масле 3–5 % (мас. доля). Эти присадки уменьшают коррозионный и коррозионно-механический износы отдельных видов. Однако они недостаточно эффективны в условиях усталостного изнашивания, коррозионного растрескивания, фреттинг-коррозии, слабо снижают водородный износ.

Композиции и составы присадок и ингибиторов коррозии третьего поколения содержат кроме функциональных ПАВ антифрикционные или защитно-антифрикционные присадки, в состав которых входят легирующие металлы. Эти композиции обладают такой же эффективностью защиты от электрохимической коррозии в стационарных условиях при содержании в масле 3–5 % (мас. доля), как и комбинированные ингибиторы коррозии второго поколения, но уменьшают коррозионный и коррозионно-механический износы и придают маслам повышенные противоизносные, противозадирные и антифрикционные свойства.

В промышленном масштабе вырабатываются маслорастворимые ингибиторы коррозии, физико-химические характеристики и защитные свойства которых приведены в табл. 8.3.



8.3. Характеристики ингибиторов коррозии

Показатели	АКОР-1	В 15/41	АЯА*	СИМ*	Мифол	Сламин	Минкор-2
Внешний вид	Маслянистая жидкость, прозрачная в тонком слое	Прозрачная подвижная при 60°С масса	Вязкая жидкость		Маслянистая жидкость		
Цвет	От темно-коричневого до черного	Коричневая	Светло-коричневая	От светло- до темно-коричневого	Темно-коричнеая		
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	≤65,0	-	≤500	≤450	36,0	20,0	40,0
Массовая доля, %:							
воды	Отсутствие	-	≤0,10	-	0,10	Отсутствие	0,5
механических примесей, не более	0,08	0,015	0,10	0,10	0,20	0,10	-
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	38,0	-	-	-	33,0	25,0	0,5
Кислотное число, мг КОН/г	-	165-205	≥60	≤6,5	5,0	-	-
Температура, °С:							
застывания, не выше	-	-	-	-	-10	-12	-
вспышки, не ниже	200	-	180	180	160	130	160
Защитные свойства по ГОСТ 9.054-75, сталь 10, время до появления первых признаков коррозии, циклы:							
при повышенной влажности и температуре (Г-4), метод 1	3	2	-	3	3	3	-
при постоянном погружении в электролит (морскую воду), метод 4	1	1	1	1	2	2	-
при воздействии HBr (метод 5) 4 ч, поверхность, пораженная коррозией, %	65	-	0	5-10	-	-	0

* Степень чистоты ингибиторов АЯА и СИМ — не более 450 мг/100 г; цвет, ед. ЦНТ, не более: 3,0 — для АЯА и 3,5 — для СИМ (при испытании 3,5 % присадки в масле МС-8).

АКОР-1 (ГОСТ 15171–78) изготовляют на основе нитрованных базовых масел марок М-8 или М-11 с добавлением при защелачивании 10±1 % (мас. доля) технического стеарина. Вводят в смазочные масла для улучшения защитных свойств.

В 15/41 (ТУ 6-14-866–77) — кислый эфир алкенилянтарной кислоты. Присадку добавляют к маслам, работающим во влажной среде, для предотвращения коррозии.

АЯА (ТУ 38.1011038–85) — алкенилянтарный ангидрид. Предназначен для получения ингибиторов коррозии СИМ, а также для приготовления рабоче-консервационных масел различного назначения.

СИМ (ТУ 38.1011039–85) — алкенилсукцинимид мочевины. Предназначен для приготовления рабоче-консервационных масел и комбинированных ингибиторов коррозии для масел различного назначения.

Мифол (ТУ 0257-002-00148820–94) — комбинированный ингибитор коррозии, содержащий фенольную смолу, микробный жир, сульфонат кальция, минеральное масло. Предназначен для приготовления консервационных и рабоче-консервационных масел различного назначения.

Сламин (ТУ 38.401-79–90) — комбинированный ингибитор коррозии, изготовляемый на основе сланцевого масла с добавлением присадки ДФ-11, сульфонатной присадки и полиметакрилата (ПМАД). Вводят в смазочные масла для улучшения защитных свойств.

Минкор-2 (ТУ 38.401753–89) — комбинированный водомаслорастворимый ингибитор коррозии на основе нитрованного масла, диалкилфосфорной кислоты и жирных алифатических аминов. Улучшает защитные свойства топлив. Также используют при создании защитных составов на водной основе.

М-1 (ТУ 6-02-1132–88) — соль циклогексиламина и синтетических жирных кислот фракции C_{10}–C_{13}. Это пастообразное вещество светло-коричневого цвета, растворимое в воде, этаноле, бензине, индустриальном масле. Ингибитор М-1 предназначен для зашиты от атмосферной и микробиологической коррозии изделий из стали, чугуна, алюминия и его сплавов. Он обеспечивает защиту до 5 лет в зависимости от способа упаковки и условий хранения изделий. Ингибитор атмосферной коррозии М-1 применяют в виде 5–10 %-ных растворов в бензине и этаноле; 1–5 %-ных растворов в воде; 1–3 %-ной присадки в минеральных маслах, дизельных топливах и керосинах.

МСДА-1 (ТУ 6-02-834–88) — соль дициклогексиламина и синтетических жирных кислот фракции C_{10}–C_{13}. Это пастообразное или твердое вещество от светло-коричневого до коричневого цвета, растворимое в этаноле, бензоле, керосине, бензине, нефрасе. Ингибитор МСДА-1 предназначен для защиты от атмосферной и микробиологической коррозии изделий из стали, чугуна, меди и её сплавов, цинка, алюминия и его сплавов, кадмия, олова, серебра, баббита. Ингибитор обеспечивает защиту в течение 2–7 лет в зависимости от способа упаковки и условий хранения изделий. Применяют в виде 10 %-ных растворов в бензине и этиловом спирте при защите черных металлов. В минеральные масла, дизельные топлива и керосины присадку вводят в количестве 1–4 % (мас. доля).

ВНХ-1 (ТУ 6-00-7001938-110–89) — пастообразное вещество или вязкая жидкость коричневого цвета со слабым специфическим запахом, хорошо растворяется в спиртах, эфирах, умеренно растворяется в углеводородных средах. Рекомендуется для защиты от атмосферной коррозии черных и цветных металлов в бензинах и керосиновых фракциях (установки первичной переработки нефти, топливные баки, двигатели), в минеральных маслах (1–3 % мас. доля), как добавка к защитным смазочным материалам на основе битумов и полимерных смол, грунтовкам и лакокраскам. Обеспечивает защиту металлоизделий сроком от 1 года до 10 лет в зависимости от условий хранения.

ВНХ-5 (ТУ 6-02-7-128–83) — вязкая жидкость темно-коричневого цвета со слабым специфическим запахом, хорошо растворима в спиртах, углеводородах. Применяют для защиты от атмосферной коррозии черных и цветных металлов. Ингибитор ВНХ-5 используют в количестве 1–3 % (мас. доля) в минеральных маслах, в качестве добавки к водоразбавляемым эмалям, эпоксидно-полиамидным грунтовкам. Обеспечивает защиту металлоизделий сроком от 3 до 10 лет в зависимости от условий хранения.

ВНХ-101 (ТУ 6-02-7-152–86) — пастообразное вещество коричневого цвета со слабым специфическим запахом, растворяется в спирте, углеводородах. Предназначено для защиты от атмосферной коррозии черных и цветных металлов. Используют в количестве 1–3 % (мас. доля) в минеральных маслах; как добавку в малеинизи-

рованные водоразбавляемые лакокрасочные составы, составы для покрытий на основе парафина и озокерита. Ингибитор ВНХ-101 обеспечивает защиту на срок от 1 года до 10 лет в зависимости от условий хранения.

ПКУ-3 (ТУ 6-02-1299–85) — продукт конденсации уротропина и этаноламина с хлористым бензилом. Это вязкая жидкость от темно-оранжевого до вишневого цвета. Предназначен для травления стального проката, деталей из углеродистых и низкоуглеродистых сталей в серной, соляной и фосфорной кислотах. Ингибитор используют для защиты емкостей при перевозке и хранении соляной кислоты и защиты технологического оборудования при химической очистке от отложений.

Оптимальные концентрации при травлении 2–3 г/л; при хранении и транспортировании кислот — 10 г/л.

Летучие ингибиторы коррозии

НДА (ТУ 6-00-05808009-248–92) — нитрит дициклогексиламина. Это порошок белого цвета с желтоватым оттенком, растворимый в этаноле, метаноле, воде, ацетоне. Предназначен для долговременной (10–20 лет в зависимости от способа применения и условий хранения изделий) защиты от атмосферной и микробиологической коррозии изделий из стали, алюминия и его сплавов, никеля, хрома, кобальта. Ингибитор применяют в виде порошка, засыпаемого в сублиматор для получения ингибированного воздуха; порошка для опудривания или напыления на защитные поверхности; спиртовых растворов; ингибированной бумаги с содержанием ингибитора 14–20 г/см^2.

Ингибитор коррозии НДА можно примять для защиты оксидированных, фосфатированных, алюминированных и хромированных поверхностей.

ХНА (ТУ 6-02-683–87) — хромат циклогексиламина. Это кристаллическое вещество ярко-желтого цвета, хорошо растворимое в воде и этаноле. Предназначен для защиты от атмосферной и микробиологической коррозии следующих изделий:

из стали, чугуна, меди и её сплавов, никеля, олова, серебра, алюминия и его сплавов;

имеющих оксидированные, фосфатированные, алюминированные, никелированные, а также омедненные, луженые и хромированные металлические поверхности.



Ингибитор ХНА обеспечивает длительную (до 5–10 лет) защиту изделий в зависимости от способа применения ингибитора и условий хранения изделий. Применяют в виде ингибированной бумаги, содержащей 10–22 г ингибитора на 1 м^2 бумаги, водных и спиртовых растворов (расход ингибитора не менее 50 г на 1 м^2 защищаемой поверхности), а также на пористых носителях, содержащих не менее 50 г ингибитора на 1 м^2.

ВНХЛ-49 (ТУ 6-00-058009-186–90) — жидкость светло-желтого цвета с легким запахом амина, хорошо растворимая в этаноле и метилэтиленкетоне.

Ингибитор предназначен для защиты сложных изделий (состоящих из различных металлических и неметаллических материалов) от атмосферной и биологической коррозии. Применяют для защиты изделий из стали, меди и её сплавов, алюминия и его сплавов, хрома, кадмия, никеля, олова, серебра и припоя, а также оксидированных, хромированных, кадмированных, никелированных поверхностей металлов, в том числе оксидированного магния. Ингибитор применяют на пористых носителях, содержащих 40–50 % (мас. доля) ингибитора.

КЦА (ТУ 6-02-1042–76) — карбонат циклогексиламина, порошок белого цвета, хорошо растворим в воде и спиртах. Предназначен для защиты от атмосферной и микробиологической коррозии изделий из черных металлов, алюминия и его сплавов при эксплуатации, хранении, консервации и транспортировании в различных климатических условиях (континентальных, морских и арктических). Применяют в виде водных и спиртовых растворов, а также в виде добавки к ингибитору НДА в количестве 10–15 % (мас. доля) для получения ингибированной бумаги. Обеспечивает срок защиты изделий от двух до трех лет.

ВНХ-Л-20 (ТУ 6-00-7001938-218–88) — белый кристаллический порошок с запахом горького миндаля, хорошо растворим в спиртах и ацетоне. Предназначен для защиты сложных изделий (состоящих из различных материалов) от атмосферной и микробиологической коррозии при эксплуатации, хранении, консервации и транспортировании в различных климатических условиях (континентальных, морских, тропических, арктических). Применяют в виде порошка, ингибированной бумаги и на пористом носителе с содержанием ингибитора 300–500 г/м^2. Обеспечивает защиту изделий сроком до 10 лет при их надежной герметизации.

ВНХ-ЛФ-408 (ТУ 21-01-32804119–98) — производное морфолина, бензальдегида и бензотриазола. Предназначен для защиты сложных изделий (состоящих из различных металлических и неметаллических материалов) от атмосферной и микробиологической коррозии при эксплуатации, хранении, консервации и транспортировании в различных климатических зонах. Применяют в виде порошка, на пористом носителе с содержанием ингибитора 10–12 % (мас. доля), в виде таблеток, гранул. Обеспечивает защиту сроком до 10 лет при надежной герметизации изделий.

ЛНХ ЛФ-111 (ТУ 6-00-5808009-237–91) — порошок белого цвета со специфическим запахом. Ингибитор предназначен для защиты от атмосферной и биологической коррозии изделий из черных и цветных металлов (кроме цинка) при эксплуатации, хранении, консервации и транспортировании в различных условиях (континентальных, морских, тропических). ЛНХ ЛФ-111 используется в виде ингибированной бумаги, порошка, 4–9 %-ных спиртовых растворов, таблеток. Ингибитор обеспечивает защиту изделий сроком от 1 года до 5 лет в зависимости от способа его применения.

Консервационные и рабоче-консервационные масла

Консервационные масла (КМ) — это средства временной противокоррозионной защиты на основе минерального или синтетического масла со значительным содержанием маслорастворимых ингибиторов коррозии, предназначенные для наружной и внутренней консервации металлоизделий во время хранения или транспортирования в различных условиях (не применяется для их эксплуатации). При использовании консервационного масла находящуюся на хранении технику перед введением в эксплуатацию необходимо расконсервировать, т.е. удалить консервационное масло.

Консервационно-рабочие масла (КРМ) отличаются от консервационных тем, что их можно одноразово использовать при введении техники в эксплуатацию.

Рабоче-консервационные масла (РКМ) имеют, как правило, более низкие защитные свойства, чем консервационные и консервационно-рабочие, но более высокие, чем рабочие масла, что позволяет им защищать металлоизделие от коррозии как при хранении и транспортировании, так и при периодической и постоянной эксплуатации.



Консервационные и консервационно-рабочие масла

Консервационные, а также консервационно-рабочие масла (рабочие масла с ингибитором коррозии) широко применяют на заводах различных отраслей промышленности — автомобильной, тракторной, инструментальной, станкостроительной, судостроительной, авиационной, подшипниковой, сельскохозяйственного машиностроения для межоперационной защиты деталей и узлов и консервации готовых изделий. В первом случае защитные масла наносят на изделия методом окунания или пульверизации. Готовые изделия (двигатели, компрессоры, редукторы и др.) консервируют, наливая защитное масло в картер с последующей кратковременной работой двигателя или механизма на холостом ходу (в течение 15–20 мин). Аналогично консервируют двигатели, установленные на автотракторной и другой технике у потребителей. После кратковременной работы двигателя на холостом ходу защитное масло должно присутствовать на всей поверхности зеркала цилиндра и других деталях, не подвергающихся смазыванию в процессе работы.

После этого консервационные и консервационно-рабочие масла, как правило, сливают. Консервационно-рабочие масла могут быть оставлены в картере на период хранения, и на них разрешена временная эксплуатация автотракторной техники. Эксплуатировать, даже кратковременно, технику на консервационных маслах запрещается.

Для получения консервационно-рабочих масел ингибиторы коррозии АКОР-1, Сламин, Мифол на местах потребления смешивают с соответствующими маслами до образования однородной смеси. Обычно в моторные масла для двигателей внутреннего сгорания, в компрессорные и трансмиссионные масла вводят 10 % присадки АКОР-1, 5–8 % присадки Сламин; 9–10 % присадки Мифол; в индустриальные и некоторые гидравлические масла присадку АКОР-1 вводят в количестве 3–5 %.

В табл. 8.4 приведена характеристика консервационных масел, вырабатываемых промышленностью. Ниже дано краткое описание этих масел и некоторые рекомендации по их использованию.

К-17 (ГОСТ 10877–76) изготовляют из смеси авиационного МС-20 и трансформаторного Т-1500 масел с добавлением петролатума окисленного, каучука СКБ-45 и композиции присадок.

Применяют для долговременной (5 лет и более) консервации изделий, в том числе запасных частей из черных и цветных металлов, хранящихся без непосредственного воздействия климатических факторов. Двигатели внутреннего сгорания консервируют без разборки: сливают штатное масло, отключают фильтры, прокачивают масло К-17, излишки масла удаляют.

Для ввода двигателя в эксплуатацию достаточно залить его штатным маслом. Консервацию запасных частей осуществляют многократным окунанием их в ванну с маслом или растиранием масла кистью по поверхности детали. Кроме того, масло К-17 можно использовать как присадку к высокосернистым газотурбинным топливам (0,002 % на топливо). При этом значительно снижается коррозия топливной аппаратуры двигателей и повышается межремонтный период их работы.

НГ-203Р (ТУ 38.1011273—89) изготовляют из смеси масляного раствора сульфоната кальция и индустриального масла с добавлением окисленного петролатума, алкилфенола и аминов. Применяют для защиты от коррозии наружных и внутренних поверхностей деталей машин и механизмов. НГ-203Р используют как присадку к дизельным топливам для судовых двигателей (0,001 % на топливо).

Кормин (ТУ 38.1011159—88) применяют для защиты от атмосферной коррозии наружных поверхностей сельскохозяйственных машин и запасных частей к ним, а также изделий станкоинструментальной и машиностроительной промышленности из черных, цветных металлов и их сплавов в условиях эксплуатации и хранения. На защищаемую поверхность состав наносят кистью или окунанием при температуре 80—100 °С. Изделие с защитной пленкой состава Кормин может храниться при непосредственном воздействии атмосферных осадков в течение года.

Маякор (ТУ 38.401-58-67—93) состоит из смеси нитрованного и трансформаторного масел с добавлением аминов, загустителя сульфонатных присадок и окисленных углеводородов. Применяют для наружной и внутренней консервации двигателей, машин и механизмов. Обеспечивает эффективную защиту изделий из черных и цветных металлов сроком до 5 лет в жестких условиях.

Мифол КМ (ТУ 0253-319-00148820—97) предназначен для долговременной защиты от атмосферной коррозии изделий из черных и цветных металлов при хранении во всех климатических условиях, в том числе в условиях тропического климата.

8.4. Характеристики консервационных и рабоче-консервационных масел

Показатели	К-17	НГ-203Р	Кормин	Маякор	Мифол КМ	ВО	РЖ	КРМ	НГ-213
Внешний вид	Вязкая масля-нистая жидкость	Масля-нистая жидкость	Густая вязкая масля-нистая жидкость	Вязкая маслянистая жидкость		Густая вязкая масля-нистая жидкость	Маловязкая маслянистая жидкость		Маловязкая жидкость
Цвет	Темно-коричневый					От светло- до темно-коричне-вого	Темно-коричневый		Светло-коричне-вый
Вязкость кинематическая, мм²/с: при 100 °С	15,5	15,0-35,0	15,0-25,0	-	20-32	≥9,0	-	-	-
при 50 °С	≥21,0	-	-	16,5-22,5	-	≥64,0	≥6,0	≥8,0	14,0-19,0
Температура, °С: вспышки в открытом тигле, не ниже	160	160	160	160	200	-	-	100	-
застывания, не выше	-22	-25	-10	-25	-10	-	-60	-55	-40
Массовая доля, %: золы	1,35-2,4	3,0	-	-	0,8-1,9	-	-	0,05*	-
воды	Отсутствие		Следы		≤0,1	Отсут-ствие	-	Отсутствие	
механических примесей, не более	0,07	0,04	0,1	0,07	0,15	0,05	0,05	-	-
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	-	-	5,0	-	8,5	-	-	-	-
Кислотное число, мг КОН/г	-	-	-	-	-	≤0,35	0,3-0,7	-	-

8.4. Характеристики консервационных и рабоче-консервационных масел (продолжение)

Показатели	К-17	НГ-203Р	Кормин	Маякор	Мифол КМ	ВО	РЖ	КРМ	НГ-213
Защитные свойства по ГОСТ 9 054-75, сталь 10, время до появления первых признаков коррозии, циклы:									
при повышенной влажности и температуре (Г-4), метод 1	70	100	200	100	70	4	4	20	8
при постоянном погружении в электролит (морскую воду), метод 4	30	44	105	90	30	0	6	10	2
при воздействии НВт, метод 5 4 ч, сталь, поверхность, пораженная коррозией, %	0	0	Не определяется	0	-	40	15	0	0

* Сульфатная зольность.

Примечание. Защитные свойства масла МС-8рк по ГОСТ 9.054-75: метод 1 (сталь, циклы до коррозии) — 3; метод 4 (сталь, циклы до коррозии) — 2; вытеснение НВт (% коррозии за 4 ч) — 0.



ВО (ТУ 38.1011315–90) — ружейная смазка, состоит из масла цилиндрового II, церезина и гидроксида натрия. Используют для кратковременной защиты металлических поверхностей от коррозии и как рабочую смазку для ненагруженных узлов, кратковременно работающих при температуре выше 5 °С. Применение при более низких температурах затруднено из-за высокой вязкости смазки.

РЖ (ТУ 38.1011315–90) — жидкая ружейная смазка. Состоит из индустриального масла 20А, топлива Т-1, загустителя и присадок. Используют для тех же целей, что и смазку ВО, а в условиях эксплуатации — как рабочую смазку при температурах до -50 °С и для очистки поверхностей от нагара.

Рабоче-консервационные масла

Современные моторные и трансмиссионные масла по уровню функциональных свойств удовлетворяют требованиям нормальной эксплуатации соответствующих машин и механизмов, способны уменьшать отдельные виды изнашивания. Например, моторные масла группы $Г_1$ и $Г_2$, содержащие моющие присадки до 5–8 %, без введения в них ингибиторов коррозии обладают определенным уровнем защитных свойств и способны защищать двигатели внутреннего сгорания при периодической эксплуатации и хранении до 1,5 лет. При более длительных сроках хранения в масла необходимо вводить специальные ингибиторы коррозии, создавать рабоче-консервационные масла, обеспечивающие защиту от коррозии и коррозионно-механического изнашивания сроком до 10–15 лет.

Рабоче-консервационные масла по сравнению с рабочими и чисто консервационными характеризуются более высоким уровнем поверхностных свойств, пленки рабоче-консервационных масел обладают значительно большими адсорбционно-хемосорбционными свойствами. Этим определяются не только их высокая защитная эффективность в тонкой пленке, но и другие поверхностные свойства: противокоррозионные, смазывающие, противоизносные и противозадирные, что достигается сочетанием соответствующих ПАВ.

В табл. 8.4 приведены характеристики рабоче-консервационных масел и жидкостей, вырабатываемых промышленностью. Ниже дано краткое описание этих масел и рекомендации по их применению.

КРМ (ТУ 38.1011315–90) предназначено для эксплуатации и консервации стрелкового оружия при температурах окружающего

воздуха от -50 до +50 °С. Является всесезонным, более эффективным защитным рабоче-консервационным маслом, чем смазки РЖ и ВО, и применяется взамен этих смазок.

МС-8рк (ТУ 38.1011181–88) — рабоче-консервационное авиационное масло. Предназначено для эксплуатации и консервации авиационных газотурбинных двигателей. Обладает высоким уровнем эксплуатационных и защитных свойств. Обеспечивает сохраняемость техники при длительном хранении без проведения работ по переконсервации и надежную эксплуатацию авиационных газотурбинных двигателей в условиях увеличенного в 2 раза срока замены масла по сравнению со сроком замены штатных масел (см. гл. 3, табл. 3.2).

НГ-213 (ТУ 38.101129–80) — рабоче-консервационная жидкость. Применяется при сборке гидроприводов тормозной системы и сцеплений автомобилей, а также для защиты от коррозии при хранении в закрытых помещениях. Жидкость представляет собой смесь касторового масла с этилкарбитолом с добавлением небольшого количества присадок для предотвращения коррозии цветных металлов. Жидкость НГ-213 не вызывает разрушения или значительного набухания резин.

Пленкообразующие ингибированные нефтяные составы

Пленкообразующие ингибированные нефтяные составы (ПИНС) — это средства временной противокоррозионной защиты на основе высокомолекулярных пленкообразующих нефтепродуктов с добавками ингибиторов коррозии и растворителей. После нанесения на металл и испарения растворителя ПИНС образуют на металле твердые (битумные) или полутвердые (восковые) пленки, выполняющие функции защитных материалов.

В отличие от несмываемых, изоляционных лакокрасочных и полимерных покрытий ПИНС — активные, ингибированные смазочные материалы, которые могут быть использованы не только для защиты неокрашенных или окрашенных наружных поверхностей, но и сложных металлических изделий с различными узлами трения, для консервации влажных и мокрых поверхностей, скрытых внутренних профилей, где применение лакокрасочных покрытий вообще невозможно. Наличие растворителей (нефтяных, углеводородных, хлорорганических или воды), специально подобранных загустителей



и значительного количества маслорастворимых ингибиторов коррозии обеспечивает следующие особенности и преимущества ПИНС перед традиционными защитными маслами и смазками:

1) легкость нанесения методом воздушного или безвоздушного распыления (пульверизации), окунанием, кистью;

2) проникание в микрозазоры, микротрещины, микродефекты металла, эффективность в условиях контактной, точечной и щелевой коррозии, коррозионно-механического растрескивания и усталости, фреттинг-коррозии, коррозии при трении в машинах и механизмах;

3) способность вытеснять воду с поверхности металла;

4) возможность использования для наружной консервации без расконсервации в отличие от плотных консистентных смазок.

ПИНС является средством временной (периодически возобновляемой) защиты кузовов, днищ, крыльев, наружной поверхности двигателей легковых и грузовых автомобилей, сельскохозяйственной техники, всех видов инженерной и строительной техники, стационарных металлоконструкций, станков.

ПИНС относятся к так называемым смываемым покрытиям, т.е. покрытиям, удаляемым нефтяными растворителями. По способу нанесения различают четыре вида ПИНС:

нанесение из горючих органических растворителей;

нанесение из негорючих хлор- или фторорганических растворителей;

нанесение в виде коллоидных водных растворов или эмульсий;

использование в виде аэрозолей.

По области применения ПИНС разделяют на группы, указанные ниже.

Группа Д-1. Продукты этой группы предназначены для длительной наружной консервации металлических изделий, хранящихся на открытых площадках, для защиты стационарных крупногабаритных металлических конструкций, автотракторной, сельскохозяйственной и общемашиностроительной техники, трубопроводов, оборудования заводов и др. К продуктам группы Д-1 относят составы НГ-216А, НГ-222А (Д-1-С), Мовитин.

Они образуют на металле твердые или полутвердые пленки значительной толщины (до 500 мкм), обладающие высокими защитными свойствами и хорошей абразиво- и атмосферостойкостью.

25 — 1890

В качестве основных загустителей в продуктах группы Д-1 используют битумно-каучуковые, битумно-полимерно-восковые, полимерные или полимерно-восковые композиции с включением наполнителей, маслорастворимых ингибиторов коррозии и органических растворителей.

Группа Д-2. Эти продукты имеют более широкую область применения, чем составы группы Д-1. Их широко используют при хранении, транспортировании, периодической и постоянной эксплуатации практически всех видов металлических изделий. Продукты этой группы — составы НГ-216Б, НГ-222Б, Ингибит-С, Кабинор — образуют на металле более тонкие пленки (20—100 мкм), чем продукты группы Д-1.

ПИНС групп Д-1 и Д-2 часто содержат одинаковую композицию активного вещества и различаются только содержанием растворителя (НГ-216А, НГ-216Б, НГ-222А, НГ-222Б). Продукты марки А отличаются меньшим содержанием уайт-спирита.

Составы группы Д-2 часто являются рабоче-консервационными, и их широко применяют для наружной и внутренней консервации сложных металлоизделий, имеющих узлы трения, а также для защиты от коррозии самих узлов трения: подшипников, червячных и гипоидных передач, редукторов, трансмиссий, шарниров, цепей, тросов, канатов, гусениц тракторов, тягачей и пр.

Группа МЛ-1. Продукты этой группы предназначены для защиты скрытых и труднодоступных внутренних поверхностей металлических изделий, прежде всего скрытых поверхностей автомобильной техники: лонжеронов, порогов, стоек, внутренних поверхностей дверей, фар и др. Кроме того, составы группы МЛ-1 применяют для защиты скрытых поверхностей железнодорожных вагонов, сельскохозяйственной техники, труднодоступных элементов мостов, эстакад, строительных конструкций, скрытых профилей самолетов, где может скапливаться агрессивный электролит, для защиты резьбовых соединений и сварных швов.

К продуктам группы МЛ-1 относят составы Мовиль, НГ-222Б, ПИНС-АТ.

Группа МЛ-2. Назначение продуктов этой группы аналогично назначению продуктов группы МЛ-1, но они образуют тиксотропную структуру в растворителе и имеют более высокую температуру каплепадения. Продукты группы МЛ-2 (Оремин, Мольвин-МЛ)

используют на автомобилестроительных объединениях и заводах (АвтоВАЗ, АЗЛК, ЗИЛ, ГАЗ, КАМАЗ и др.) для защиты скрытых полостей автомобилей. Их наносят на защищаемые поверхности в процессе сборки автомобилей на конвейере.

Группа З.Ч. Продукты этой группы предназначены для защиты запасных частей, полуфабрикатов при межоперационном хранении, металлического листа, проката, станков, инструмента, средних и мелких металлоизделий. Они образуют на металле полутвердые тонкие пленки. Продукты группы З.Ч. на многих заводах используют в смеси с хлорорганическими пожаробезопасными растворителями, например, трихлорэтиленом (НГ-216В). Консервация изделий в этом случае совмещается с их промывкой и осуществляется методом окунания. В последние годы большое распространение получили продукты группы, наносимые из водных сред (З-d), к ним относятся составы Аквамин и Ситаква.

Механизм защитного действия ПИНС определяется:

1) физико-химическими свойствами в растворителе, определяемыми компонентами ПИНС и взаимодействиями между этими компонентами;

2) процессами и явлениями, происходящими при нанесении состава на металлические поверхности: вытеснением пленки адсорбированной воды (электролита) с поверхности металла (при этом важна как быстрота вытеснения воды, т.е. быстродействие, так и полнота ее удаления); смачиванием металла, растекаемостью по металлу, прониканием в микрозазоры, миктротрещины, пропитыванием продуктов коррозии, проникание сквозь микропоры лакокрасочных материалов без их разрушения и пр.; испарением растворителя и формированием пленки под воздействием сил адгезии и когезии, процессами хемосорбции и адсорбции ПАВ на поверхности металла; окончательным формированием пленки покрытия;

3) защитным действием сформировавшейся пленки на металле, зависящим от особенностей ее строения, физико-химических коллоидных и реологических свойств активного вещества (сухого остатка).

В табл. 8.5 приведены рекомендации по защите пленкообразующими ингибированными нефтяными составами различных групп и подгрупп металлических изделий по ГОСТ 9.014—78. На рис. 8.1 дана схема применения ПИНС для консервации скрытых поверхностей коробчатого сечения кузова (внутренние панели дверей, лонжероны,

8.5. Защита металлических изделий пленкообразующими ингибированными нефтяными составами

Подгруппа изделий по ГОСТ 9.014-78	Характеристика изделий	Наименование изделий	Рекомендуемые ПИНС
I. Изделия простой формы из черных и цветных металлов			
I-1	Мелкие изделия массового производства	Винты, гвозди, заклепки, гайки, пружины	НГ-216В, Аквамин. Ситаква
I-2	Изделия с точно обработанной поверхностью	Валы, оси, клапаны, зубчатые колеса	НГ-216Б и В. НГ-222Б, Кабинор, ПИНС-АТ
I-3	Изделия с легкодоступными внутренними поверхностями (полости, углубления)	Баки, резервуары, крылья автомобилей, шасси, рамы, поршни	НГ-222А. Ингибит С, Кабинор, Мовитин, ИВВС-706М
II. Изделия сложной формы			
II-1	Изделия сложной формы с подвижными частями	Двигатели внутреннего сгорания, станки, компрессоры, турбины	НГ-216Б и В, НГ-222А и Б, Мовиль, Мольвин-МЛ, Оремин, ПИНС-АТ
II-2	Изделия, у которых поверхности, подлежащие консервации, работают в контакте с маслом или другими технологическими жидкостями	Карданные валы, редукторы, масляные фильтры, карбюраторы, насосы	НГ-216В, Мовиль, Мольвин-МЛ, Оремин
II-4	Изделия с труднодоступными внутренними поверхностями и (или) большими полостями	Холодильные системы, паровые и водные котлы, теплообменники	НГ-216А и Б, НГ-222А и Б, Мольвин-МЛ, Оремин, ПИНС-АТ
IV. Изделия простой формы из черных и цветных металлов			
IV-1	Изделия с большой плоской поверхностью (прокат)	Листы, ленты (в том числе листовое железо автомобилестроения)	НГ-222А и Б. Мовиль, ПИНС-АТ
IV-2	Изделия холоднокатаные, горячекатаные, штампованные, кованые	Прутки, листы, болванки, угольники, профильный прокат	То же
IV-4	Трубы всех видов		«
V. Изделия из черных металлов, крупногабаритные, сложные формы			
V		Металлоконструкции различных видов	НГ-216А. НГ-222А, Ингибит-С, Кабинор, Мовитин

стойки, балки и усилители) и днища (собственно днище, внутренние поверхности брызговиков, крылья) автомобиля. Как следует из представленных данных, те или иные виды ПИНС можно использовать практически для любых металлических изделий.

Краткая характеристика ПИНС, вырабатываемых отечественной промышленностью приведена ниже. В табл. 8.6 указаны основные физико-химические и защитные свойства этих продуктов.

НГ-216 (ТУ 38.101427—76) выпускают трех марок — А, Б, В. Состав марки А предназначен для защиты от коррозии наружных поверхностей деталей из черных и цветных металлов, которые хранятся на открытых площадках и складах в особо жестких и средних условиях; марки Б — для защиты от коррозии наружных поверхностей из черных и цветных металлов (в том числе подкузовной части и узлов двигателя автомобиля), а также для хранения запасных частей

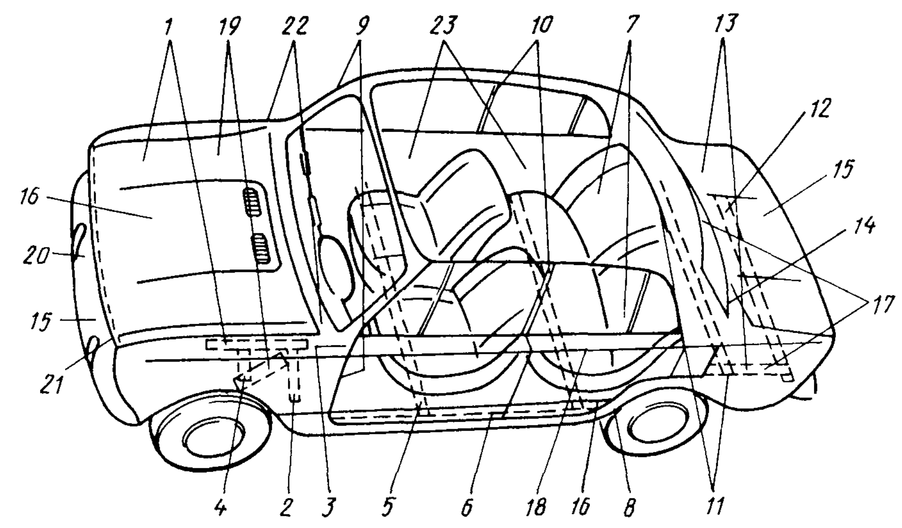


Рис. 8.1. Схема нанесения защитных составов при консервации автомобилей семейства «Жигули»:

1 — передние лонжероны; *2, 19, 20* — передние поперечные балки; *3* — передние коробчатые стойки; *4, 18* — поперечные балки; *5* — усилительная балка; *6* — коробчатое сечение порожка; *7* — задние лонжероны; *8* — боковые лонжероны; *9* — передние стойки дверей; *10* — средние стойки; *11* — усилитель подколесного кожуха; *12* — лонжероны и багажнике; *13* — задняя и передняя поперечные балки; *14* — средние усилители; *15* — усилитель крышки багажника; *16* — усилитель капота; *17* — опора рессор; *21* — гнезда для фар; *22* — место соединения крыла с вентиляционным кожухом; *23* — внутренние панели дверей

8.6. Характеристики пленкообразующих ингибированных нефтяных составов

Показатели	НГ-216 марки А, Б	НГ-216 марки В	Ингибит С	НГ-222 марок А, Б	Кабинор
Внешний вид пленки	Полутвердая равномерная с небольшим отлипом без комков и абразивов	Мазеобразная равномерная	Полутвердая с мелкозернистой структурой	Полутвердая с небольшим отлипом	Полутвердая равномерная без посторонних включений
Цвет		Черный		Светло-коричневый	Темнокоричневый
Температура каплепадения активного вещества, °С, не менее	70	40	120	70	80
Массовая доля, %:					
активного вещества, не менее	55/35	25	50	40-60/30-50	35
механических примесей	-	-	Отсутствие	-	Отсутствие
воды, не более	0,15	Следы	0,5	Следы	0,1
Вязкость условная по ВЗ-4 при 20 °С	70-180	15-40	15-40	40-150/15/30	25-50
Пенетрация, мм	-	-	-	-	-
Защитные свойства по ГОСТ 9.054-75, сталь 10, время до появления первых признаков коррозии, циклы:					
при повышенной температуре и влажности (метод 1)	42	42	42	95	100
при воздействии соляного тумана (метод 3)	25	12	20	40	40
при постоянном погружении в электролит (морскую воду) (метод 4)	25	12	29	95	40
Защитные свойства, определенные ускоренным методом, сталь 10, время до начала коррозии, циклы	5	1	5	5	5
Гарантийный срок защиты, год, по ГОСТ 9.014-78 в условиях:					
Л	7	5	7	7/5	7
С	5	3	5	5/3	5
Ж	3	2	3	3/2	3
ОЖ	1	-	-	1/-	1

Показатели	Мовитин	ПИНС-АТ	Мольвин-МЛ	Оремин	Мовиль	БИИМ	Аквамин	Ситаква
Внешний вид пленки	Полутвердая равномерная с отлипом	Полутвердая тонкая без отлипа и посторонних включений	Полутвердая восковая без отлипа и посторонних включений	Полутвердая восковая без отлипа равномерная	Полутвердая с отлипом	Полутвердая с небольшим отлипом	Полутвердая равномерная без посторонних включений	Полутвердая равномерная
Цвет	Черный	Светло-коричневый	Коричневый	Светло-желтый	Коричневый	Черный	От желтого до коричневого	
Температура каплепадения активного вещества, °С, не менее	70	70	140	140	70	80	60	65
Массовая доля, %:								
активного вещества, не менее	63	40	В интервале 42-52	28	50	100	15	20
механических примесей	-	Отсутствие	Отсутствие	0,15	-	-	Отсутствие	-
воды, не более	-	0,2	0,5	0,2	0,1	0,5	-	-
Вязкость условная по ВЗ-4 при 20 °С	-	40	-	-	20-60	По ВЗ-10 при 140 °С 18-50	-	-
Пенетрация, мм	-	-	230-280	220-280	-	165	-	-
Защитные свойства по ГОСТ 9.054-75, сталь 10, время до появления первых признаков коррозии, циклы:								
при повышенной температуре и влажности (метод 1)	200	100	45	100	42	20	12	24
при воздействии соляного тумана (метод 3)	40	29	12	45	12	15	4	5
при постоянном погружении в электролит (морскую воду) (метод 4)	94	115	20	95	25	-	28	23
Защитные свойства, определенные ускоренным методом, сталь 10, время до начала коррозии, циклы	7	5	3	7	2	-	1	1
Гарантийный срок защиты, год, по ГОСТ 9.014-78 в условиях:								
Л	7	7	7	7	5	-	5	5
С	5	5	5	5	3	-	3	3
Ж	3	3	3	3	2	-	2	2
ОЖ	1	1	1	1	-	-	-	-

в жестких и средних условиях, марки В — для консервации запасных частей из черных и цветных металлов, хранящихся в средних и легких условиях. Наносят на защищаемую поверхность кистью или окунанием. Основные компоненты: битум марки Г, сульфонат кальция, стеарат алюминия, церезин, синтетические жирные кислоты, уайт-спирит.

Ингибит-С (ТУ 38.1011133–87) применяют для защиты от коррозии сельскохозяйственной техники при межсезонном хранении в различных климатических зонах. Наносят на защищаемую поверхность при температуре не менее 5 °С и влажности не более 70 % методом безвоздушного или пневматического распыления, окунанием или кистью. Основные компоненты: битум марки 90/10, окисленный петролатум, отходы от производства присадки сульфоната кальция, сольвент нефтяной, бензин.

НГ-222 (ТУ 38.401-58-215–98) выпускают двух марок: А и Б. Состав марки А предназначено для защиты от коррозии наружных поверхностей деталей из черных и цветных металлов, которые хранятся на открытых площадках и на складах в особо жестких, жестких и средних условиях; марки Б — для защиты от коррозии наружных поверхностей из черных и цветных металлов, для хранения запасных частей в жестких и средних условиях, а также для защиты от коррозии скрытых поверхностей автомобильной и авиационной техники. Наносят защитный состав кистью или распылением.

Основные компоненты: окисленный петролатум, лак МС-080, алифатические амины, сульфонат кальция, ксилол.

Кабинор (ТУ 38.401-58-69–93) предназначен для защиты от коррозии наружных поверхностей деталей из черных и цветных металлов, которые хранятся на открытых площадках и на складах в жестких, средних и легких условиях. Эффективно защищает от коррозии свинцовую оболочку кабелей связи. Рекомендуется применять также для защиты от коррозии кузнечно-прессового оборудования, штампов, станков и инструментов, трубопроводов, подземных коммуникаций. Наносят на защищаемую поверхность окунанием или кистью. Основные компоненты: битум, алифатические амины, ингибиторы коррозии для защиты свинца, уайт-спирит.

Мовитин (ТУ 38.401-58-216–98) предназначен для защиты от коррозии наружных поверхностей крупногабаритных конструкций, резервуаров, а также деталей из черных и цветных металлов хранящихся на открытых площадках и на складах в жестких, средних

и легких условиях. ПИНС Мовитин образует на защищаемой поверхности твердую абразивостойкую пленку и широко применяется для защиты днища автомобилей. Защитный состав наносят кистью или пневматическим распылением. Основные компоненты: битум, нефтеполимерная смола, церезин, сульфонат кальция, окисленный петролатум, уайт-спирит.

ИФХАН 30А (ТУ 37-110-30–97) — антикоррозионная мастика, предназначенная для защиты от коррозии и абразивного воздействия (песок, камни) автомобилей. Мастика представляет собой каучуко-битумную композицию, содержащую ингибиторы коррозии. Образующаяся пленка — полутвердая, черного цвета. Массовая доля активного вещества составляет 50–60 %, температура каплепадения активного вещества не менее 140 °С.

Наносят на защищаемую поверхность воздушным, безвоздушным распылением или кистью.

ПИНС-АТ (ТУ 38.401-58-120–95) предназначен для защиты от коррозии наружных и внутренних поверхностей деталей из черных и цветных металлов. Образует на поверхности металла тонкую, прозрачную без отлипа пленку. Применяют для защиты от коррозии скрытых поверхностей самолетов, на которых возможно скопление воды и агрессивных электролитов.

Наносят на защищаемые поверхности методом пневматического распыления или кистью.

Основные компоненты: нефтеполимерная смола, алифатические амины, синтетические жирные кислоты, церезин, сульфонат кальция, ксилол, уайт-спирит.

Состав выпускают также в аэрозольной упаковке.

Мольвин-МЛ (ТУ 38.101894–81) — тиксотропный состав, предназначен для защиты от коррозии внутренних полостей и кузовов автомобилей. Наносят на защищаемую поверхность в процессе сборки автомобиля на конвейере методом безвоздушного распыления. Имеет высокую температуру каплепадения.

Основные компоненты: церезин, окисленный петролатум, октофор, олифа, силикагель, уайт-спирит.

Оремин (ТУ 38.1011289–90) — тиксотропный состав, предназначен для защиты от коррозии внутренних полостей и кузовов автомобилей. Наносят на защищаемую поверхность в процессе сборки автомобиля на конвейере методом безвоздушного распыления. Температура продукта при распылении должна быть не ниже 18 °С. ПИНС

Оремин рекомендуется применять также для защиты от коррозии вертикально расположенных конструкций, коммуникаций, эстакад и станочного оборудования. В этом случае его можно наносить кистью.

Основные компоненты: сульфонат кальция, петролатум, алифатические амины, стеарат лития, воск, уайт-спирит.

Мовиль-С (ТУ 38.40158175—96) — автоконсервант порогов, предназначен для защиты от коррозии внутренних поверхностей деталей коробчатого сечения корпуса и съемных частей кузова новых и бывших в эксплуатации автомобилей. Наносят кистью или воздушным распылением.

Основные компоненты: церезин, сульфонат кальция, синтетические жирные кислоты, октофор, уайт-спирит.

ВЗМ-МЛ-1 (ТУ 38.101738—78) — концентрат для получения пленкообразующего ингибированного нефтяного состава Мовиль. Концентрат содержит сульфонатные присадки, октофор N, касторовое масло. В качестве самостоятельного защитного состава не используют.

ИФХАН-29А (ТУ 37-109-29—97) — концентрированный раствор воскообразных ингибиторов в уайт-спирите. При применении разводят растворителем в 2—2,5 раза. В таком виде используют для защиты от коррозии скрытых полостей, пола салона автомобилей, поврежденных лакокрасочных покрытий, болтовых и других соединений. Наносят методом распыления, кистью.

БИИМ-1 (ТУ 38.4011004—94) — битумная ингибированная изоляционная мастика, предназначена для защиты от коррозии и механических повреждений трубопроводного транспорта. Мастика имеет широкий температурный диапазон применения — от -20 до +70 °С, абразиво- и влагостойка, обладает высокой защитной эффективностью при воздействии агрессивных сред, электролитов, воды и водяных паров. Расход мастики составляет 1—2 кг/м^2 при толщине защитной изоляционной пленки 0,8—1,5 мм. Мастику БИИМ-1 изготовляют на основе продуктов переработки нефти, маслорастворимых ингибиторов коррозии, кальциевых мыл, эластомеров. Наносят на обрабатываемую поверхность из расплава при температуре 120—150 °С.

Особое место среди пленкообразующих ингибированных нефтяных составов занимают ПИНС на водной основе.

Аквамин (ТУ 38.401633—87) — пожаро- и экологически безопасный ПИНС, предназначен для защиты окрашенных и неокрашенных поверхностей изделий из черных и цветных металлов на период транспортирования и хранения в неотапливаемых помещениях, а также под навесом и на открытых площадках в районах с умеренным климатом. Состоит из маслорастворимых ингибиторов коррозии, эмульгаторов и пленкообразующих добавок. Выпускают в виде концентрата, при использовании разбавляют водой. После испарения воды на поверхности металла образуется пленка, не смываемая водой.

Ситаква (ТУ 38.401819—90) — пожаро- и экологически безопасный ПИНС, предназначен для защиты от коррозии окрашенных и неокрашенных запасных частей из черных и цветных металлов, хромированных поверхностей, подкапотного пространства автомобилей. Наносят окунанием, кистью или пневмораспылением. Выпускают в виде концентрата и перед применением разбавляют водой. Образует на поверхности металла необратимую пленку, не смываемую водой.

Основные компоненты: сульфонат кальция, церезин, нефтеполимерная смола, эмульгаторы, вода.

Защитные водовытесняющие составы

Защитные водовытесняющие составы (ЗВВС) по свойствам и эффективности близки к ПИНС. Однако это особый класс защитных продуктов, которые содержат 20—60 % (мас. доля) растворителей (нефтяные, хлор- и фторорганические), 10—50 % минеральных, синтетических или полусинтетических масел и 30 % комбинированных (антифрикционных, противоизносных, загущающих) присадок.

ЗВВС образуют на металле тонкую (5—15 мкм) маслянистую пленку. Их используют не для наружной консервации, а там, где необходимо эффективно удалить воду с поверхности, ввиду их повышенных водовытесняющих и пропитывающих свойств. Эффективно пропитывая ржавчину, они способствуют облегчению раскручивания заржавевших болтов и гаек; защищают от коррозии труднодоступные места кузовов автомобиля, запасные части и инструмент.

Препараты рекомендуется применять для смазывания дверных замков и других точных изделий, защиты сварных швов и заклепочных соединений, для запуска отсыревших двигателей (устраняется утечка в системе зажигания).

К отечественным составам этого типа можно отнести препараты УНИСМА, ЗВВС-комплекс.

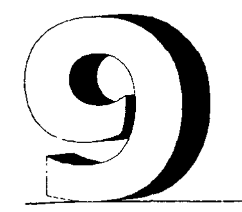
Ниже приведено краткое описание выпускаемых промышленностью ЗВВС. Физико-химические и защитные свойства составов приведены в табл. 8.7.

УНИСМА (ТУ 6-15-1402—83) — состав выпускают в аэрозольной упаковке. В него входят ингибиторы коррозии, пластификаторы, масла, органические растворители. В качестве пропеллента применяют Хладон-12 или смесь Хладон-12 и Хладон-11. Применяют для межоперационной защиты от коррозии под навесом или в помещении (срок 1—2 г) наружных поверхностей металлоизделий и деталей сложного профиля.

ЗВВС-комплекс (ТУ 38.401694—88) — в состав входят ингибиторы коррозии сульфонатного типа, сульфированное касторовое масло, алкилфенол, дизельное топливо. Предназначен для обезвоживания поверхности металлических изделий и одновременной консервации на период хранения, транспортирования и эксплуатации в течение 1—1,5 г. Наносят методом окунания, воздушного распыления, кистью.

8.7. Характеристики защитных водовытесняющих составов

Показатели	УНИСМА	ЗВВС-комплекс
Внешний вид	Однородная маловязкая жидкость темно-коричневого цвета	
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	40	40
Массовая доля, %:		
механических примесей, не более	0,1	0,1
воды, не более	Следы	
нелетучих веществ, не менее	16	-
Проникающая способность, мм, не менее	30	30
Защитные свойства по ГОСТ 9.054-75, сталь 10, поверхность пораженная, коррозией, %, не более:		
метод 4, 3 цикла	Отсутствие	
метод 5, 4 ч	Отсутствие	
Избыточное давление насыщенных паров содержимого аэрозольной упаковки, МПа:		
при 20 °С, не менее	0,2	-
при 50 °С, не более	0,75	-
Массовая доля пропеллента в содержимом аэрозольной упаковки, %	35±3	-



9 СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Назначение и классификация

Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) являются обязательным элементом большинства технологических процессов обработки материалов резанием и давлением. Точение, фрезерование, сверление, шлифование и другие процессы обработки резанием сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов, неметаллических конструкционных материалов, штамповка и прокатка металлов характеризуются большими статическими и динамическими нагрузками, высокими температурами, воздействием обрабатываемого материала на режущий инструмент, штамповочное и прокатное оборудование. В этих условиях основное назначение СОТС — уменьшить температуру, силовые параметры обработки и износ режущего инструмента, штампов и валков, обеспечить удовлетворительное качество обработанной поверхности. Помимо этого СОТС должны отвечать гигиеническим, экологическим и другим требованиям, обладать комплексом антикоррозионных, моющих, антимикробных и других эксплуатационных свойств. Применение СОТС при обработке металлов резанием и давлением позволяет увеличить производительность оборудования, повысить точность обработанных поверхностей и снизить их шероховатость, уменьшить брак, улучшить условия труда и в ряде случаев сократить число технологических операций.

Товарный ассортимент СОТС в промышленно развитых странах включает индустриальные масла и другие нефтяные фракции с

присадками, эмульсолы (образующие в воде грубодисперсные эмульсии), а также другие композиции, дающие в воде микроэмульсии или прозрачные растворы.

В период 70-80 гг. производство смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) и технологических смазок (ТС) для металлообработки сформировалось как самостоятельная подотрасль нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

С целью определения взаимозаменяемости отечественных и зарубежных СОТС предлагается следующая физико-химическая классификация смазочно-охлаждающих технологических средств для обработки металлов и соответствующие основные классификационные обозначения:

Газообразные СОТС: ... Г
инертные ... Г1
активные ... Г2
Жидкие СОТС:
водосмешиваемые: ... В
образующие в воде эмульсии: ... Э
грубые дисперсии ... Э1
микроэмульсии ... Э2
дающие прозрачные растворы на основе: ... Р
органических веществ ... Р1
неорганических веществ ... Р2
смеси органических и неорганических веществ ... Р3
масляные: ... М
I группы вязкости; ν_{50} = 1÷9 мм²/с (ν_{40} = 2÷12 мм²/с), группы вязкости по ISO — 2, 3, 5, 7, 10 ... М1
II группы вязкости; ν_{50} = 10÷20 мм²/с (ν_{40} = 13÷20 мм²/с), группы вязкости по ISO —3, 15, 22 ... М2
III группы вязкости; ν_{50} > 20 мм²/с (ν_{40} > 30 мм²/с), группы вязкости по ISO —32, 46, 68, 100 ... М3
быстроиспаряющиеся ... И
расплавы: ... Рс
металлов ... Рс1
солей ... Рс2
других веществ ... Рс3
Твердые СОТС:
неорганические (неметаллы) ... Т1
мягкие металлы ... Т2
органические ... Т3
смешанные ... Т4
другие ... Т5
Пластичные СОТС на загустителях: ... П
углеводородных ... П1
мыльных ... П2

смешанных ... П3
других ... П4

Основные классификационные обозначения дополняют индексами, которые указывают отсутствие или присутствие присадок, усиливающих смазочные свойства СОТС, уровень легирования присадками, растворимость присадок в маслах или воде, класс по химической природе и активность по отношению к меди:

О — отсутствие присадки
П — присутствие присадки
ПМ — маслорастворимые присадки
ПМ — маслорастворимые присадки, активные по отношению к мвди
ПВ — водорастворимые присадки
ПМВ — масловодорастворимые присадки
ПН — масловодонерастворимые присадки (добавки, наполнители)

Степень легирования присадками, усиливающими смазочные свойства СОТС (содержание присадок):

1 — до 5 % (мас. доля) — невысокая
2 — 5-10 % (мас. доля) — умеренная
3 — 10-30 % (мас. доля) — высокая
4 — более 30 % (мас. доля) — очень высокая

Класс присадок по химической природе:

а — животные жиры, растительные масла, синтетические сложные эфиры, органические кислоты
б — галогеносодержащие
в — серосодержащие
г — фосфорсодержащие
д — азотсодержащие
е — содержащие другие активные элементы
ж — комплексные металлорганические соединения
з — растворимые в маслах или воде полимеры
и — органичвские наполнители
к — неорганические наполнители
л — другие химические соединения

Примеры классификационного обозначения СОТС:

Э1.ПМ2абв — концентрат водосмешиваемого СОТС, образующего в воде грубые дисперсии, активного по отношению к меди, содержащего 5—10 % (мас. доля) маслорастворимых жировых добавок, галогено- и серосодержащих присадок;

М3.ПМ3абг — неактивное высоковязкое масляное СОТС с высоким содержанием жиров, галогено- и фосфорсодержащих присадок.

Предлагаемая классификация достаточно универсальна и применима для всех видов СОТС независимо от их назначения и агрегатного состояния. Ее можно использовать как для характеристики существующих товарных СОТС, так и для анализа патентной литературы при создании новых смазочных материалов для обработки металлов (резание, прокатка, штамповка, волочение).

Существует и международный стандарт ISO 6743/7 «Смазочные материалы, индустриальные масла и родственные продукты [класс L, группа M (металлообработка)]». В табл. 9.1 приведено соответствие систем классификации СОТС по международному стандарту и предложенной УкрНИИНП «МАСМА» (г. Киев).

Масляные СОТС представляют собой минеральные масла вязкостью при 50 °С, в основном, от 2 до 40 мм²/с, без присадок или с присадками различного функционального назначения (антифрикционные, противоизносные, противозадирные, антиокислительные, моющие, антипенные, противотуманные, антикоррозионные и др.). Обладая хорошими смазывающими свойствами, масляные СОТС имеют и недостатки: низкую охлаждающую способность, высокую стоимость, повышенную испаряемость и пожароопасность.

В состав водосмешиваемых СОТС могут входить эмульгаторы, ингибиторы коррозии, биоциды, противоизносно-противозадирные присадки, антипенные добавки, электролиты, связующие вещества (вода, спирты, гликоли и пр.) и другие органические и неорганические вещества. Водосмешиваемые СОТС обладают рядом преимуществ по сравнению с масляными: более высокой охлаждающей способностью, пожаробезопасностью и меньшей опасностью для здоровья работающего персонала, невысокой стоимостью рабочих растворов. Вместе с тем им присущ и ряд недостатков — повышенная поражаемость микроорганизмами, пенообразование, необходимость утилизации отработанных водных растворов.

Предложенная классификация предполагает существование только промышленных СОТС для обработки металлов 78 видов. Однако ни один товарный ассортимент какой-либо фирмы или страны не содержит все возможные виды СОТС.

Система классификационной индексации обеспечивает информационную совместимость разрабатываемых смазочно-охлаждающих

9.1. Сопоставление систем классификации СОТС для обработки металлов

Международный стандарт ISO 6743/7		Система классификации УкрНИИНП «МАСМА»				
Категория продуктов	Класс L, группа M	Индексация по физико-химической природе присадок	Индексация по степени легирования			
			П1	П2	П3	П4
Масляные СОТС: с антикоррозионными свойствами	MHA	M1.0' M2.0' M3.0'	-	-	-	-
типа MHA с антифрикционными свойствами	MHB	М1.Па М2.Па М3.Па	М1.П1а М2.П1а М4.П1а	М1.П2а М2.П2а М4.П2а	М1.П3а М2.П3а М4.П3а	М1.П4а М2.П4а М4.П4а
типа MHA с противозадирными свойствами (химически неактивная)	MHC	М1.Пбвг М2.Пбвг М3.Пбвг	М1.П1бвг М2.П1бвг М3.П1бвг	М1.П2бвг М2.П2бвг М3.П2бвг	М1.П3бвг М2.П3бвг М3.П3бвг	М1.П4бвг М2.П4бвг М3.П4бвг
типа MHA с противозадирными свойствами (химически активная)	MHД	М1.Пбвг М2.Пбвг М3.Пбвг	М1.П1бвг М2.П1бвг М3.П1бвг	М1.П2бвг М2.П2бвг М3.П2бвг	М1.П3бвг М2.П3бвг М3.П3бвг	М1.П4бвг М2.П4бвг М3.П4бвг
типа MHB с противозадирными свойствами (химически неактивная)	MHE	М1.Пабвг М2.Пабвг М3.Пабвг	М1.П1абвг М2.П1абвг М3.П1абвг	М1 П2абвг М2.П2абвг М3.П2абвг	М1.П3абвг М2.П3абвг М3.П3абвг	М1.П4абвг М2.П4абвг М3.П4абвг
типа MHB с противозадирными свойствами (химически активная)	MHF	М1.Пабвг М2.Пабвг М3.Пабвг	М1.П1абзг М2.П1абзг М3.П1абзг	М1.П2абвг М2.П2абвг М3.П2абвг	М1.П3абвг М2.П3абвг М3.П3абвг	М1.П4абвг М2.П4абвг М3.П4абвг
смазки пластичные, паста, парафины (в чистом виде или разбавленные маслами типа MHA)	MHG	П (П1, П2, П3, П4)	-	-	-	-
мыла, порошки, твердые смазочные материалы, их смеси (используются неразбавленными)	MHH	Т (Т1, Т2, Т3, Т4)	-	-	-	-

26 -- 1890

9.1. Сопоставление систем классификации СОТС для обработки металлов (*продолжение*)

Международный стандарт ISO 6743/7		Система классификации УкрНИИНП «МАСМА»				
Категория продуктов	Класс L, группа M	Индексация по физико-химической природе присадок	Индексация по степени легирования			
			П1	П2	П3	П4
Водосмешиваемые СОТС:						
концентраты с антикоррозионными свойствами, дающие в воде молочные эмульсии	MAA	Э1.0*	-	-	-	-
концентраты типа MAA с антифрикционными свойствами	MAB	Э1.Па	Э1.П1а	Э1.П2а	Э1.П3а	Э1.П4а
концентраты типа MAA для работы в тяжелых условиях	MAC	Э1.Пбвг	Э1.П1бвг	Э1.П2бвг	Э1.П3бвг	Э1.П4бвг
концентраты типа MAB для работы при высоких давлениях	MAD	Э1.Пабвг	Э1.П1абвг	Э1.П2абвг	Э1.П3абвг	Э1.П4абвг
концентраты с антикоррозионными свойствами, дающие в воде микроэмульсии	MAE	Э2.0*	-	-	-	-
концентраты типа MAE с антифрикционными свойствами и для работы при высоких давлениях	MAF	Э2.Пабвг	Э2.П1абвг	Э2.П2абвг	Э2.П3абвг	Э2.П4абвг
концентраты с антикоррозионными свойствами, дающие в воде прозрачные растворы	MAG	Р.0* (Р1.0, Р2.0, Р3.0)	-	-	-	-
концентраты типа MAG с антифрикционными свойствами и (или) для работы при высоких давлениях	MAH	Р.Пабвг	Р.П1абвг	Р.П2абвг	Р.П3абвг	Р.П4абвг
пластичные смазки и пасты, смешиваемые с водой	MAI	-	-	-	-	-

* Содержат ингибиторы коррозии.

технологических средств. Она применима при решении вопросов материально-технического снабжения, внешней торговли и статистики, специализации и кооперирования производства, создания новых СОТС и их стандартизации.

Ассортимент, области применения и свойства СОТС

В ассортимент включены основные марки СОТС для холодной обработки материалов резанием и давлением, которые успешно прошли испытания и производятся в промышленном или опытно-промышленном масштабе (табл. 9.2–9.4).

Основные требования к эксплуатационным свойствам СОТС в зависимости от типа и условий их применения следующие:

технологические свойства (стойкость режущего инструмента, производительность процесса обработки, качество обработанной поверхности детали и др.) должны соответствовать требованиям технологического процесса обработки металлов;

экономическая эффективность применения, в том числе взамен одной или нескольких ранее применявшихся СОТС (с учетом технологической эффективности, стоимости, срока службы, разницы в затратах на транспорт, хранение, приготовление, эксплуатацию, регенерацию и утилизацию);

соответствие современным гигиеническим требованиям;

физико-химические характеристики должны быть в пределах норм, указанных в технических условиях на продукт.

Кроме того, к качеству СОТС предъявляют дополнительные (сопутствующие) требования, а именно:

отсутствие корродирующего действия на оборудование и обрабатываемый материал;

защитное (антикоррозионное) действие при межоперационном хранении изделий (деталей);

отсутствие разрушающего действия на лакокрасочные покрытия оборудования, на резиновые уплотнения, пластмассовые направляющие, устройства автоматики и другие элементы металлообрабатывающего оборудования;

отсутствие обильного пенообразования, дыма, тумана, аэрозолей при эксплуатации;

удовлетворительная фильтруемость;

9.2. Ассортимент и области применения СОТС

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Дополнительная информация
	Водосмешиваемые СОТС	
Авитол-2 (ТУ 38.5901356-96)	Лезвийная и абразивная обработка* чугунов, сталей, сплавов меди и алюминия	Эмульгируемое, 3-5%-ные водные эмульсии
Авитол-С (ТУ У 00149943.494-96)	Лезвийная обработка чугунов, сталей, алюминиевых сплавов	Синтетическое, 3-5%-ные водные растворы
Автокат (ТУ 6-14-865-85)	Лезвийная и абразивная обработка чугунов, сталей и алюминиевых сплавов	Полусинтетическое, 3-7%-ные водные эмульсии
Автокат Ф-78 (ТУ 37.104104-88)	То же	Эмульгируемое, 2-7%-ные водные эмульсии
Аквахон (ТУ 38.5901317-92, ТУ 0258-139-05744685-95)	Хонингование, суперфиниширование, шлифование чугунов и сталей, заточка режущего инструмента	Синтетическое, 1-3%-ные водные растворы
Аквол-2 (ТУ 38 УССР 201220-79)	Лезвийная и абразивная обработка легированных, жаростойких сталей и сплавов	Эмульгируемое, 3-10%-ные водные эмульсии
Аквэмус-2М (ТУ 38.3014848-94)	Лезвийная и абразивная обработка черных и цветных металлов	Полусинтетическое, 3-5%-ные водные эмульсии
Аминил-Б,-М (ТУ 6 00574-3167-106-90)	Абразивная и лезвийная обработка углеродистых и легированных сталей, цветных металлов	Синтетическое, 1-3%-ные водные растворы
Аспарин (ТУ 6-00-05744685-110-92)	Хонингование чугунов и сталей	Синтетическое, 2,5-3,0%-ные водные растворы
Барвинол-1 (ТУ 38.5901408-94)	Волочение стальной латунированной проволоки	Эмульгируемое, 2-10%-ные водные эмульсии
Биор-1М (ТУ 38. 5902417-94)	Лезвийная и абразивчая обработка чугунов, сталей, алюминиевых сплавов на отдельных станках и на автоматических линиях	Полусинтетическое, 2-5%-ные водные эмульсии
Велс-1 (ТУ 38 00148843-017-94)	Лезвийная и абразивная обработка чугунов, сталей, сплавов алюминия	Полусинтетическое, 2-10%-ные водные эмульсии
Дозол-1 (ТУ 320. 00151650.013-96)	Вытяжка сталей, сплавов меди и алюминия	Эмульгируемое, 5-15%-ные водные эмульсии
ЗОР-ПВК (ТУ 38 3017223-92)	Обработка резанием углеродистых, легированных сталей, жаростойких сплавов	Эмульгируемое, 5%-ная водная эмульсия
Иванкол-1с (ТУ 38.5901435-95)	Лезвийная и абразивная обработка чугунов, сталей	Синтетическое, 3-5%-ные водные эмульсии
Ивкат (ТУ 0258-141-05744685-95)	Лезвийная и абразивная обработка чугунов, сталей, сплавов алюминия и меди	Полусинтетическое 1,5-5,0%-ные водные растворы

9.2. Ассортимент и области применения СОТС (продолжение)

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Дополнительная информация
СОЖ «Инструментальная» (ТУ 6-00-05744685-116-93)	Холодное волочение медной проволоки, обработка резанием сталей	Эмульгируемое, 5-10%-ные водные эмульсии
Камикс (ТУ 38 5901412-94)	Хонингование, суперфиниширование, шлифование чугунов и сталей	Синтетическое, 2-3%-ные водные растворы
Карбамол-С1 (ТУ 38.5901174-91)	Шлифование легированных сталей, жаропрочных сплавов, заточка режущего инструмента и игольных заготовок	Синтетическое, 2-5%-ные водные растворы
Купрол (ТУ 0258-002-322.654-95)	Абразивная обработка чугунов и сталей	Синтетическое, 1-2%-ные водные растворы
Ленол-10М(А,Б) (ТУ 301-04-021-92)	Обработка металлов резанием	Эмульсионный концентрат, 2%-ные водные эмульсии
ЛЗН-1 (ТУ 0258-003-00148820-95)	Лезвийная и абразивная обработка чугунов, сталей, цветных металлов и сплавов	Полусинтетическое, 3-6%-ные водные эмульсии
Лубрисол В93 (ТУ 21-002-34352-058-95)	Абразивная обработка металлов	Синтетическое, 2-3%-ные водные растворы
Лубрисол Э-89 **Лубрисол Э-90** (ТУ 21-001-34352-058-95)	Обработка металлов резанием на автоматических линиях	Эмульгируемое, полусинтетическое, 5-8%-ные водные эмульсии
Лубрисол Э-96 (ТУ 21-001-34352-058-95)	Обработка металлов резанием на индивидуальных станках	Эмульгируемое, 3-5%-ные водные эмульсии
Москвинол (ТУ 38.4011006-94)	Шлифование, резание черных и цветных металлов	Эмульгируемое, 3-8%-ные водные эмульсии
Мориол (ТУ 5832-002-00148615-93)	Лезвийная и абразивная обработка чугунов и сталей	Эмульгируемое, 3-5%-ные водные эмульсии
МХО-71 (ТУ 38.710100)	Лезвийная обработка углеродистых и легированных сталей, титановых сплавов	Эмульгируемое, 5%-ная водная эмульсия
Нефтехим-1 (ТУ У 21520152-001-95)	Лезвийная обработка углеродистых сталей и чугуна	Полусинтетическое, 3-5%-ные водные растворы
ОМ (ТУ 38 УССР 30139-81)	Холодная листовая прокатка сталей	Эмульгируемое, 5%-ная водная эмульсия
Пермол-6 (ТУ 38-028-00148843-94)	Лезвийная и абразивная обработка труднообрабатываемых высоколегированных сталей, жаропрочных сплавов	Эмульгируемое, 2-7%-ные водные эмульсии
Прогресс 13К (ТУ 0258-140-05744685-95)	Лезвийная и абразивная обработка углеродистых и легированных сталей, алюминия, неметаллов (керамика, ситаллы)	Полусинтетическое, 3-10%-ные водные растворы
Эфтол (ТУ 0258-137-05744685-95)	Лезвийная и абразивная обработка чугунов и сталей, жаропрочных, титановых сплавов	Синтетическое, 1,5-10%-ные водные растворы

9.2. Ассортимент и области применения СОТС (продолжение)

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Дополнительная информация
Рикос-1 (-2) (ТУ 0254-013-05766706-98)	Обработка резанием сталей и чугунов	Эмульгируемые, 3-5%-ные водные эмульсии. Рикос-2 содержит бактерицид
СП-3 (ГОСТ 5702-75)	Прокатка и обработка резанием алюминиевых сплавов	Эмульгируемое, 5-10%-ные водные эмульсии
Сувар-3М (ТУ 23.5786043.35-94)	Лезвийная и абразивная обработка сталей, чугунов, цветных сплавов	Синтетическое, 1,5-3%-ные водные растворы
Тамойл (ТУ 0254-001-07510307-94)	Холодная штамповка — глубокая вытяжка сталей и цветных металлов, обработка резанием металлов	Эмульгируемое, 20%-ная водная эмульсия (при штамповке)
Тафол (ТУ 0258-142-05744685-95)	Лезвийная и абразивная обработка стали, чугуна, алюминиевых и титановых сплавов, прокатка цветных металлов	Эмульгируемое, 2-5%-ные водные эмульсии
Техмол-1 (ТУ 5831-030-00148843-94)	Абразивная и лезвийная обработка цветных металлов и сплавов, жаропрочных сталей и сплавов, композиционных материалов	Синтетическое, 2-7%-ные водные растворы
Тэмп-3, -3К (ТУ 38 УССР 201269-78)	Холодная листовая прокатка сталей	Эмульгируемое, 5%-ная водная эмульсия
Уверол (ТУ 38 5901183-90)	Лезвийная и абразивная обработка чугунов, сталей и сплавов алюминия	Эмульгируемое, 3-8%-ные водные эмульсии
Укринол-211М (ТУ 38.201377-85)	Холодная скоростная листовая прокатка сталей	Эмульгируемое, 5-10%-ные водные эмульсии
Универсал-СОЖ марок А, Б и В (ТУ 38.5901483-96, ТУ 0258.003 ПАВЕКС-96)	Лезвийная и абразивная обработка коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов (марка А), чугуна, сталей и сплавов алюминия (марки Б и В)	Эмульгируемые, 3-12%-ные водные эмульсии
Универсал-ТС (ТУ 38.5901483-96, ТУ 0258.003 ПАВЕКС-96)	Холодная листовая прокатка сталей	Эмульгируемое, 3-5%-ные водные растворы
Унизор (ТУ У 8895-066-91)	Лезвийная и абразивная обработка чугуна, сталей, цветных металлов и сплавов	Синтетическое, 5%-ный водный раствор
Уфол-1 (ТУ 38.1011105-87)	Холодная листовая прокатка углеродистых сталей	Эмульгируемое, 5-10%-ные водные эмульсии
ЭГТ (ТУ 38 101149-75)	Лезвийная обработка черных металлов	Эмульгируемое, 5-10%-ные водные эмульсии
Эдоксом-2М (ТУ 38.3014843-94)	Алмазное шлифование стекла	Полусинтетическое, 3-5%-ные водные эмульсии
ЭКС-А (ТУ 38.301-48-55-95)	Смазывание металлических форм в производстве железобетонных изделий	Эмульгируемое, 10%-ная водная эмульсия

9.2. Ассортимент и области применения СОТС (продолжение)

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Дополнительная информация
ЭМКО (ТУ 84 07509 103-454-96)	Точение, сверление, резьбонарезание, полирование (притирка) сталей	Полусинтетическое, 2-5%-ные водные эмульсии
Эмолон-1 (ТУ 14-770-04-94), **Эмолон-2** (ТУ 14-770-05-94)	Лезвийная обработка чугуна, стали, латуни, алюминия, калибровка и редуцирование стальных труб	Эмульгируемое, 5-10%-ные водные эмульсии
Эмулькат (ТУ 0258-088-05744685-95)	Лезвийная обработка чугуна, стали и алюминия	Полусинтетическое, 3-5%-ные водные растворы
Эмульсол-Т (ТУ 6-14-254-87)	Холодная прокатка сталей, обработка резанием сталей и чугунов	Эмульгируемое, 3-10%-ные водные эмульсии
ЭП-29, -29у (ТУ 38 УССР 201353-80)	Холодная штамповка сталей, волочение медной и латунированной стальной проволоки	Эмульгируемое, 3-12%-ные водные эмульсии
Эра (ТУ 0258-002-322.654-95)	Лезвийная и абразивная обработка черных и цветных металлов	Эмульгируемое, 2-3%-ные эмульсии
Эра-90М (ТУ У 21537460-001-95)	Лезвийная и абразивная обработка металлов	Эмульгируемое, 10%-ная водная эмульсия
ЭС-1М (ТУ 38 УССР 20160-80)	Холодная штамповка-вытяжка сталей	Эмульгируемое, 1%-ная водная эмульсия
ЭТ-2У (ТУ 38 УССР 201299-80)	Холодная листовая прокатка сталей, обработка металлов резанием	Эмульгируемое, 5-10%-ные водные эмульсии
Эфирин (ТУ 38 5901185-90)	Волочение медной проволоки	Эмульгируемое, 2-30%-ные водные эмульсии
Эфтол (ТУ 254-004- 223201-95)	Волочение медной, латунированной стальной и алюминиевой проволоки	Эмульгируемое, 2-10%-ные водные эмульсии
ЯЗ-1 (ТУ 38.601254-89)	Лезвийная и абразивная обработка сталей и чугунов	Эмульгируемое, 5%-ная водная эмульсия
	Масляные СОТС	
Асфол (ТУ У 0095126-96)	Лезвийная обработка углеродистых и легированных сталей, сплавов титана и алюминия	-
В-3, марка 25,	Нарезание резьбы, сверление, развертывание, неглубокая вытяжка углеродистых и легированных сталей, цветных металлов и сплавов.	-
В-3, марка 85 (ТУ 38.30174-014-93)	Глубокая вытяжка коррозионно-стойких сталей	
В-3М (ТУ 38.30174-014-93)	Зубо- и резьбонарезание, протягивание коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов	Концентрат, а также 5-50%-ные растворы в индустриальных маслах

9.2. Ассортимент и области применения СОТС (продолжение)

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Дополнительная информация
ИМП-5 (ТУ 38.1011293-90)	Резание, точение, сверление меди, латуни и низкоуглеродистых сталей на автоматических и полуавтоматических станках	Содержит высокомолекулярный полимер, антиокислительную и противоизносную присадки. Основа жидкости РЖ-8
ИСЭ-25 (ТУ 38.101412-76)	Механическая обработка металлов. раскатка внутренних поверхностей тормозных цилиндров автомобилей	Масло селективной очистки с эмульгирующей присадкой
КЭТ-1 (ТУ 38 УССР 201301-85)	Калибровка труб экспандерами	-
ЛЗ-СОЖ-МИО (ТУ 38 1011156-88)	Шлифование, в том числе фасонное, сталей; хонингование чугуна и стали	-
ЛЗ-СОЖ-1МП (ТУ 04-004-90)	Протягивание сталей	-
ЛЗ-СОЖ-1Т (ТУ 38 10185-79)	Наружное резьбонарезание сталей	-
ЛЗ-23М (ТУ 301-04-002-90)	Глубокое сверпение, зенкерование, развертывание сталей	20%-ный раствор в минеральном масле
ЛЗ-26 МО (ТУ 38 1011157-88)	Обработка сталей на станках-автоматах (ЛЗ-СОЖ-2МИО)	7%-ный раствор в минеральном масле
ЛЗ-СОЖ-22(А,Б) (ТУ 301-04-029-92)	Лезвийная обработка бритвенных сталей, резание и шлифование ферритовых материалов	-
ЛЗ-СОЖ-15 (ТУ 0258-301-00148820-95)	Нарезание резьбы, сверление, развертывание, зенкерование легированных сталей и алюминиевых сплавов	-
ЛЗН-14 МО (ТУ 301-04-030-93)	Обработка металлов резанием	-
ЛЗН-СОЖ-11 (ТУ 301-04-018-91)	Шлифование сталей, нарезание резьбы, сверление, хонингование чугунов и сталей	-
Лубрисол М-92 (ТУ 21-003-34352-058-92)	Лезвийная обработка сталей и чугунов	5-50%-ные растворы в индустриальных маслах
МЛ-1 (ТУ 38.40158102-92)	Лезвийная обработка шарикоподшипниковых сталей на станках автоматах	-
МНШ-9 (ТУ 0258 236-001-51526-95)	Шлифование. хонингование, суперфиниширование чугунов и сталей	-
МР-1у (ТУ 38 101731-80)	Резание углеродистых конструкционных, легированных сталей на станках-автоматах, резьбонарезание, протягивание, чистовое зубодолбление, сверление	-

9.2. Ассортимент и области применения СОТС (продолжение)

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Дополнительная информация
МР-2у (ТУ 38 УССР 201205-77)	Резание цветных металлов и сплавов, конструкционных углеродистых сталей, точение, фрезерование, шлифование	-
МР-3 (ТУ 38 УССР 201254-83), **МР-3В** (ТУ 38.5901402-94)	Сверление, глубокое сверление, растачивание, резьбо- и зубошлифование углеродистых, легированных, конструкционных, коррозионно-стойких, жаропрочных сталей и сплавов	-
МР-4 (ТУ 38 101481-76)	Точение, сверление, резьбонарезание, развертывание, хонингование, фасонное шлифование коррозионно-стойких, жаропрочных и жаростойких, алюминиевых и титановых сплавов	-
МР-6 (ТУ 38 УССР 201290-81)	Резьбонарезание, сверление, развертывание, протягивание легированных и жаропрочных сталей, титановых сплавов и тугоплавких материалов	-
МР-7 (-7В) (ОСТ 38 01445-88)	Лезвийная обработка, в том числе на станках-автоматах, углеродистых и легированных сталей, а также некоторых труднообрабатываемых сталей и сплавов	-
МР-10 (ТУ 38 101973-85), **МР-10У** (ТУ 38.5901305-91), **МР-10М** (ТУ 38 5901305-92)	Высокоскоростное шлифование профилей режущих инструментов (сверл, метчиков, разверток, фрез) из быстрорежущих сталей, профильное шлифование легированных конструкционных сталей	-
МР-10А (ТУ 38 5901433-94)	Скоростное шлифование твердосплавного инструмента, глубоких канавок и пазов в сталях	-
МР-11 марок А и Б (ТУ 38.5901239-91), **МР-11-ПАВЕКС марок А и Б** (ТУ 0258. 001.ПАВЕКС-95), **МР-11 (МР-11/1)** (ТУ 38.5901239-91)	Средние и тяжелые режимы (марка А) и средние и легкие режимы (марка Б) резания сталей и сплавов на операциях точения, сверления, резьбо- и зубонарезания	-
МР-12, МР-12/1 (ТУ 38 5901438-94)	Лезвийная обработка труднообрабатываемых сталей и сплавов при средних (МР-12) и низких (МР-12/1) скоростях резания	-
МЭП-1 (ТУ 5832-001-00148615-93)	Лезвийная обработка, в том числе на станках-автоматах, углеродистых и легированных сталей, сверление, чистовая вырубка	-



9.2. Ассортимент и области применения СОТС (продолжение)

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Дополнительная информация
Неол (ТУ 38.5901300-93)	Волочение игольной трубки из коррозионно-стойкой стали	-
Ольвит МОР-У (ТУ У 00149943.462-97)	Точение сверление, резьбо- и зубообработка, развертывание чугунов, сталей, алюминия, металлокерамики	-
ОСМ-1 (ТУ 38 УССР 201228-80)	Хонингование, полирование, суперфиниширование чугунов, углеродистых сталей	-
ОСМ-5М (ТУ 38.5901400-93)	Точение, сверление, резьбо- и зубонарезание, развертывание сталей	-
РЖ-3'' (ТУ 38.101964-83)	Хонингование. суперфиниширование, полирование чугунов и легированных закаленных сталей	Применяется также как рабочая жидкость в электроэрозионных станках
РЖ-8'' (ТУ 38.101883-83)	Хонингование, суперфиниширование чугунов	То же
Росойл-101 (ТУ 2320-002-00377289-95)	Чистовая вырубка, листовая штамповка углеродистых и легированных сталей	Аналог смазки Куртис-55
Росойл-167 (ТУ 2320-003-06377289-95)	Чистовая вырубка стальных изделий из листа толщиной более 4 мм	Аналог смазки HFF-22
Росойл-222 (ТУ 2320-004006377289-95)	Глубокая вытяжка сложнопрофильных деталей	-
Росойл-ШОК''' (ТУ 2320-001-06377289-94)	Холодная объемная и листовая штамповка углеродистых и легированных сталей	-
РС-1 (-2) (ТУ 0256-230-00151526-98)	Лезвийная обработка. в том числе на станках-автоматах. углеродистых и легированных сталей	-
Саянол (ТУ 38 5901350-93)	Прокатка алюминиевой фольги	-
СП-4 (ТУ 0258-100-05744685-96)	Обработка резанием углеродистых и легированных сталей, цветных металлов и сплавов	-
СП-44 (ТУ 0258-102-05744685-96)	Обработка резанием углеродистых и легированных сталей	10%-ный раствор в минеральных маслах
СТАЛ-3 (ТУ 0254-010-00151911-95)	Высокоскоростная холодная прокатка лент из алюминиевых сплавов	Маловязкое масло, получаемое глубоким гидрированием керосиновой фракции; содержит антиокислительную и антистатическую присадки, спирты C_{12}-C_{14}
СТП-13 (ТУ 38.101825-85)	Обработка сталеалюминиевых лент и формование из них вкладышей подшипников скольжения	Разбавляется минеральным маслом в 2-5 раз



9.2. Ассортимент и области применения СОТС (продолжение)

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Область применения	Дополнительная информация
СТП-13В (ТУ 37.012041-93)	Вырубка заготовок из стального листа толщиной до 14 мм, холодная высадка сталей; фрезерование, нарезание резьб	При обработке резанием разбавляется минеральными маслами
СТП-1У (ТУ 38 101660-82)	Прокатка, волочение черных и цветных металлов	-
Сульфогал	Холодная штамповка-вытяжка, высадка, а также резьбонарезание сталей	-
СЭЛ-1 (ТУ 38 УССР 201163-77)	Притирка зубьев стальных зубчатых колес	В смеси с абразивным порошком пастообразное СОТС
Твол (ТУ 38.5901196-89)	Чистовая вырубка заготовок из стального листа толщиной до 15 мм, холодная объемная штамповка сталей	-
ТМС-6 (ТУ 38.101826-85)	Холодная прокатка полос и лент из легированных, электротехнических, углеродистых сталей и прецизионных сплавов	Дистиллятное масло из сернистых нефтей селективной очистки; содержит присадки
ТМС-22 (ТУ 38.101922-82)	Прокатка специальной лезвийной стали	То же
ТС-Лемна (ТУ У 4900149943.469-97)	Чистовая вырубка, глубокая вытяжка, калибровка, прошивка, а также резьбонарезание сталей	-
Т-7П (ТУ 38 УССР 201300-80)	Холодная листовая прокатка легированных сталей на многовалковых станах	-
Укринол-4П (ТУ 38.30174-011-93)	Холодная штамповка-профилирование, гибка, неглубокая вытяжка сталей	-
Укринол-7 (ТУ 21 25106-83)	Холодная и горячая штамповка-выдавливание клапанов двигателей внутреннего сгорания	-
Укринол-205 (ТУ 38.5901474-95)	Прокатка тонких лент из алюминия и его сплавов	-
ШС-2 (ТУ 38 УССР 201246-80, ТУ 38.301-40-22-93)	Холодная штамповка — особо глубокая вытяжка сталей, резьбонарезание в сталях, цветных металлах и сплавах	Пластичное СОТС
Эмбол-4у (ТУ 38.5901208-89)	Холодная объемная штамповка и глубокая вытяжка легированных сталей	-

' Здесь и далее «лезвийная обработка» — обработка металлов лезвийным инструментом при точении, сверлении, зенкеровании, развертывании, резьбо- и зубонарезании, фрезеровании, протягивании; «абразивная обработка» — обработка металлов абразивным и алмазным инструментом при плоском и круглом шлифовании.

'' Характеристики технологических жидкостей серии РЖ изложены в гл.6 («Масла специального назначения»).

''' Под маркой «Росойл» выпускают также аналоги СОТС ИСЭ-25, ЛЗ-СОЖ-1МИО, ЛЗ-СОЖ-1МП, ЛЗ-23М, ЛЗ-26МО, Натронал-1М, ОСМ-1, ОСМ-3, ОСМ-5, СЭЛ-1.



9.3. Физико-химические характеристики водосмешиваемых СОТС

Марка СОТС	Плотность при 20°С, кг/м³	Кинематическая вязкость при 50°С, мм²/с	Кислотное число, мг КОН/г	Число омыления, мг КОН/г	Массовая доля, %			Значение pH	Корродирующее действие по отношению к метвллам		Склонность к пенообразованию, см³	Устойчивость пены, см³
					хлора	серы	воды		черным	цветным		
Авитол-2	1000-1100	≤50	≤20	≤28	0	0	-	9-10	+	+	≤500	≤300
Авитол-С	1000-1100	1,0-1,2	≤20	-	0	0	-	8-10	+	+	≤500	≤300
Автокат	900-1100	40-75	-	-	0	0	≤25	9,2-9,7	+	-	-	-
Автокат Ф-78	950-1000	38	5,6	-	≥5	-	≤4	9-9,6	+	-	-	-
Аквахон	1050-1150	≤25	≤34	-	0	0	-	8,5-10	+	-	-	-
Аквол-2	900-990	40-75	≤8	2-45	4-5	1,3-2,8	2,0-5,0	8-10	+	-	-	-
Аквэмус-2М	980-1200	250	≤60	≥70	0	0	≤25	7,5-8,5	+	-	≤400	≤200
Аминил-Б (-М)	1010-1100	-	-	-	-	-	-	7,5-9,0	+	+	-	-
Аспарин	1000-1200	-	-	-	0	-	<45	9-10	+	-	≤200	≤100
Барвинол-1	-	40-130	≤20	≥70	0	0	≤15	7,5-9,5	+	+	-	-
Биор-1М	1020-1050	150-180	-	-	0	-	-	8,5-10	+	+	-	-
Велс-1	1020	85	-	-	0	0	-	8,5-10	+	+	-	-
Дозол-1	940-980	≤50	10-20	110	-	0,3-0 6	≤3	8-10	+	+	≤600	≤350
ЗОР-ПВК	-	-	-	-	-	-	≤30	7,0-9,5	+	-	-	-
Иванкол-1с	1000-1100	≤300	-	-	0	0	-	≤10	+	-	≤100	≤50
Ивкат	-	-	-	-	0	0	-	9-10	+	+	≤30	-
Камикс	1000-1100	≤85	≤25	-	0	0	-	≤10	+	-	≤230	≤170
Карбамол-С1	1110-1140	5-10	≤14	0	0	0	-	8-10	+	-	0	0
Купрол	1000-1100	≤50	-	0	0	0	-	8-10	+	+	0	0
Ленол-10М марки:												
А	950-1000	-	-	-	-	-	3-7	6-9	+	-	-	-
Б	≥850	-	-	-	-	-	≤6	6-9	+	-	-	-
ЛЗН-1	900	-	-	-	-	-	≤40	8-10	+	-	-	-



9.3. Физико-химические характеристики водосмешиваемых СОТС (продолжение)

Марка СОТС	Плотность при 20°С, кг/м³	Кинематическая вязкость при 50°С, мм²/с	Кислотное число, мг КОН/г	Число омыления, мг КОН/г	Массовая доля, %			Значение pH	Корродирующее действие по отношению к металлам		Склонность к пенообразованию, см³	Устойчивость пены, см³
					хлора	серы	воды		черным	цветным		
Мориол	-	50-110	≤10	-	-	-	≤6	9-10	+	-	-	-
Лубрисол В-93	1120	≥0,7	-	-	-	-	-	9,4-10,0	+	-	0	0
Лубрисол Э-89	850	≥25	30	-	-	-	≤6	9-10	+	-	≤530	<280
Лубрисол Э-90	890	≥20	20	-	-	-	≤8	9-10	+	-	0	0
Лубрисол Э-96	940	20-30	3	-	-	-	0	9-10	+	-	-	-
МХО-71	≤1044	-	-	-	-	-	-	7-11	+	-	-	-
Нефтехим-1	1000-1070	-	-	-	0	0	-	9,5-10	+	-	≤150	-
ОМ	900-990	25-50	-	22-45	0	0	≤3		+	-	-	-
Пермол-6	800-1100	45	≤20	-	-	-	-	8-9,5	+	+	≤510	≤200
Прогресс-13К	1080-1120	-	-	-	-	-	-	8-10	+	-	-	-
Рикос-1 (-2)	-	-	<8 (≤10)	-	0	0	≤10	7-10	+	-	-	-
СП-3	870	-	25	-	0	0	0	-	+	+	-	-
Сувар-3М	1100-1200	-	-	-	-	-	≤30	9-10	+	-	-	-
Тамойл	1000-1200	35-50	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Техмол-1	-	≤50	-	-	-	-	-	8,5-10	+	+	-	-
Тэмп-3 (-3К)	-	50-85	33-40	37-60	0	0	≤3	-	+	-	-	-
Уверол	800-1100	≤50	20-40	-	0	0	-	8-10	+	+	600	350
Укринол-211М	900-990	25-45	≤20	≤80	0	0	3	7,5	+	+	-	-
Универсал-СОЖ марки:												
А	890-990	≤80	-	-	0	0	-	8,7-9,7	+	-	≤750	≤450
Б	870-970	≤70	-	-	0	0	-	8,5-9,5	+	-	≤200	≤100
В	860-960	≤60	-	-	0	0	-	8,2-9,2	+	-	≤100	≤50

9.3. Физико-химические характеристики водосмешиваемых СОТС (продолжение)

Марка СОТС	Плотность при 20°С, кг/м³	Кинематическая вязкость при 50°С, мм²/с	Кислотное число, мг КОН/г	Число омыления, мг КОН/г	Массовая доля, %			Значение pH	Корродирующее действие по отношению к металлам		Склонность к пенообразованию, см³	Устойчивость пены, см³
					хлора	серы	воды		черным	цветным		
Универсал-ТС	850-950	≤65	-	-	0	0	-	8,0-9,5	+	-	≤150	≤80
Унизор	1020	≥13 (20°С)	-	-	0	0	≤65	9	+	+	-	-
Уфол-1	900-1000	15-40	17-25	22-45	-	-	≤3	7-8	+	+	-	-
ЭГТ	-	-	≤6	-	0	0	≤10	9-10	+	-	≤100	≤40
Эдоксом	-	-	60-80	≥10	0	0	≤10	7,5-9,5	+	+	≤400	≤200
ЭКС-А	850-900	-	8-10	-	0	0	≤2	-	+	-	-	-
Эфтол	-	-	-	-	-	-	-	9,3-10,5	+	-	-	-
Эмолон-1	880-900	50-85 (40°С)	-	10-20	-	-	≤7	≥6,5	+	-	≤140	≤10
Эмолон-2	880-960	25-55 (40°С)	-	10-35	-	-	≤1	≥7,5	+	-	≤100	0
Эмулькат	-	-	-	-	-	-	-	>9	+	-	-	-
Эмульсол-Т	850-950	10-12	≤3	-	0	0	≤2	8-10	+	-	-	-
ЭП-29 (29У)	900-990	35-60	18-28	30-60	0	0	≤3	-	+	+	-	-
Эра	1000	≤50	-	-	0	0	-	8-10	+	+	-	-
Эра-90М	972-998	-	-	-	0	0	-	7-10	+	-	-	-
ЭС-1М	-	-	30-40	-	-	≥1,5	≤2	-	+	-	-	-
ЭТ-2У	900-990	-	-	-	0	0	≤5	-	+	-	-	-
Эфирин	900-1100	≤200	≤15	≥100	0	0	≤20	8-9,5	+	+	≤120	≤40
ЯЗ-1	-	-	-	-	0	0	15-25	9-11	+	-	-	-

Примечание. «-» — показатель не определяется, не нормируется; «+» — испытания выдерживает.

9.4. Физико-химические характеристики масляных СОТС

Марка СОТС	Плотность при 20 °С, кг/м³	Кинематическая вязкость при 50 °С, мм²/с	Температура вспышки в открытом тигле, °С	Кородирующее действие по отношению к металлам			Массовая доля, %			Кислотное число, мг КОН/г	Число омыления, мг КОН/г
				серый чугун	сталь 40 или 45	медь	серы	фосфора	хлора		
В-3, марка 25	960	20-30	≥180	+	+	-	-	-	9	-	-
В3, марка 85	1130	80-90	≥180	+	+	-	-	-	9	-	-
В-3М	1010	≥70	≥180	+	+	-	-	-	12	-	-
ИМП-5*1	≤845	3,5-5,0	≥125	-	+	+	≤0,1	-	-	0,4	-
ИСЭ-25*2	≤900	23,7-27,0	≥190	-	-	-	-	-	-	≤0,1	≤0,1
КЭТ-1	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	≥10
ЛЗ-СОЖ-МИО	≤900	19,4-24,5	≥156	+	+	-	0,39-1,10	-	0,3-0,6	1,5	9-22
ЛЗ-СОЖ-1МП	≤1100	18,3-35,0	≥158	+	+	+	1,0-2,5	-	14,5-17,5	1,0	70-140
ЛЗ-СОЖ-1Т	-	24,5-29,4	-	+	+	-	-	-	-	6,0	167-180
ЛЗ-23М	≤950	40,5-59,2	≥150	+	+	-	1,3-3,0	-	1,2-1,8	≤4	35-60
ЛЗ-26МО	≤940	20-28	≥156	+	+	-	3,5-5,0	-	0,7-1,5	≤3,6	35-60
ЛЗ-СОЖ-22 марки:											
А	≥755	1,8-2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Б	≥765	2,3-3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ЛЗ-СОЖ-15	≤950	17-25	≥160	-	-	-	1,5-2,5	-	1,5-2,5	2,5	15-30
ЛЗН-14 МО	≤930	20-28	≥150	-	-	-	0,3-5,0	-	0,6-1,8	≤3,0	30-55
ЛЗ-СОЖ-11	≤900	18,4-24.5	≥156	-	-	-	0,39-1,10	-	0,3-0,6	≤2,0	9-22
Лубрисол М-92	≤940	20-30	-	+	+	-	-	-	-	3,0	-
МЛ-1	860-930	20-25	≥170	+	+	-	1,2-2,0	-	-	≤1,2	-
МНШ-9	850-900	8,5-9,5 (20°С)	≥135	+	+	-	-	-	-	-	-
МР-1у	800-930	18-24	≥175	+	+	-	0,7-1,5	0	1,0-1,6	≤1,5	-
МР-2у	860-950	23-28	≥180	+	+	+	0	1,05-0,25	1,4-2,0	≤1,0	-
МР-3	850-915	5-17	≥125	+	+	-	1,2-2,2	≥0,02	0	≤2,0	≥20
МР-3В	800-915	10-15	≥150	+	+	-	≥1,5	-	-	≤3,0	≥30
МР-4	910-1100	5-10	≥120	+	+	+	0	0	15-18	-	-

9.4. Физико-химические характеристики масляных СОТС (продолжение)

Марка СОТС	Плотность при 20°C, кг/м³	Кинематическая вязкость при 50°C, мм²/с	Температура вспышки в открытом тигле, °C	Корродирующее действие по отношению к металлам			Массовая доля, %			Кислотное число, мг КОН/г	Число омыления, мг КОН/г
				серый чугун	сталь 40 или 45	медь	серы	фосфора	хлора		
МР-6	920-1000	20-30	≥180	+	+	-	0,5-1,0	0	11,5-15,0	-	-
МР-7 (-7В)	800-930	23-30	≥180	+	+	-	1,2-2,0	0	0	≤1,2	≥18
МР-10 (-10у)	800-930	12-16,5	≥175	+	+	-	0	0,05-0,20	1,2-1,7	-	≥11
МР-10М	850-910	12-22	≥190	+	+	+	0	0,05-0,25	0		≥28
МР-10А	850-900	8-15	≥140	+	+	+	≤1	0,10-0,25	0	≤5	≥10
МР-11 марки:											
А	800-920	≥25	≥180	+	+	-	1,5	0	0	≤3,5	≥15
Б	800-920	≥22	≥180	+	+	-	1,2	0	0	≤3,5	≥15
МР-11/1	880-920	25-35	≥190	+	+	-	≥1,5	0	0	1,0	≥15
МР-12	880-920	30-60	≥195	+	+	-	≥2,5	0	0	≤3,5	≥20
МР-12/1	880-920	60-120	≥195	+	+	-	≥2,5	0	0	≤3,5	≥20
МЭП-1	-	40-70	≥150	-	+	+	-	-	0	≤5	-
Ольвит МОР-У	920-950	20-38	≥160	+	+	-	0,3-1,5	-	-	-	-
ОСМ-1	850-890	2,5-3,5	≥90	+	+	+	0,2	0	0	-	-
ОСМ-5М	860-960	10-20	≥160	+	+	+	0,3-2,5	0	3,2-4,9	-	-
РЖ-3	795	≤3(20°C)	80*3	+	+	-	≤0,03	-	-	-	-
РЖ-8	835	6-8,5(20°C)	120*3	+	+	-	≤0,01	-	-	-	-
Росойл-101	-	50-85	33-40	37-60	0	0	≤3	5	-	+	-
Росойл-167	800-1100	≤50	20-40	-	0	0		3	8-10	+	+
Росойл-222	-	-	175	+	+	-	-	-	-	≤0,7	≥26
Росойл-ШОК	890-960	49,9	≥180	-	+	-	4,33	-	-	≤3	-
РС-1	830-930	17-28	≥175	+	+	-	0,7-1,7	-	1,0-2,9	-	-
РС-2	870-960	15-26	≥170	+	+	-	0,5-0,9	-	3-5	-	-
Саянол	≥800	≤3(20°C)	≥75*3	+	+	-	≤0,03	0	-	≤0,03	-
СП-4		≥20(20°C)									
СП-44										≤10	

9.4. Физико-химические характеристики масляных СОТС (продолжение)

Марка СОТС	Плотность при 20°C, кг/м³	Кинематическая вязкость при 50°C, мм²/с	Температура вспышки в открытом тигле, °C	Корродирующее действие по отношению к металлам			Массовая доля, %			Кислотное число, мг КОН/г	Число омыления, мг КОН/г
				серый чугун	сталь 40 или 45	медь	серы	фосфора	хлора		
СПТ-13	1000	20-35 (100°C)	-	+	+	-	-	-	15-19,5	15-30	-
СПТ-13В	1070-1120	110-120	-	+	+	-	-	-	36	-	-
СТАЛ-3*4	≤809	≤3(20°C)	≥80	-	+	-	-	-	-	-	-
СТП-1у	-	-	-	+	+	-	8,0	-	-	≤8	-
ТМС-6*5	≤870	5,5-6,5	≥135	-	-	-	-	-	-	1,5-2,5	-
ТМС-22*5	≤890	14-16	≥160	-	-	-	-	-	-	≤2,5	-
Твол	1000-1200	50-100	≥150	-	+	+	≥1,2	-	≥30	6	≥140
ТС-Лемна	850-990	90-120	≥200	+	+	-	≥2,8	0	0	-	60
Т-7П	850-950	6-8	≥140	+	+	-	-	-	-	≤1,0	≥3
Укринол-4П	≤950	30-40	≥156	+	+	-	1-2	0	0,3-0,4	5-8	10-15
Укринол-7	≤930	250-281	-	+	+	+	-	-	-	≤2	30-50
Укринол-205*6	800-850	≤5,5(20°C)	≥90	+	+	+	-	-	-	≤0,06	4-7
ШС-2	-	-	-	+	+	+	0	0	0	≤7	110-140
Эмбол-4у	≤930	250-281	-	+	+	+	-	-	-	≤2	30-50

*1 Цвет не более 1,5 ед. ЦНТ; зольность не более 0,1 % (мас. доля).

*2 Цвет не более 3,0 ед. ЦНТ; зольность не более 0,2 % (мас. доля); коксуемость не более 0,1 %; содержание фенола, водорастворимых кислот и щелочей, воды, механических примесей — отсутствие.

*3 В закрытом тигле.

*4 Гидроксильное число 15-21 мг КОН/г; массовая доля агидола-1 не менее 0,28 %.

*5 Для ТМС-6 и ТМС-22 цвет соответственно не более 2,0 ед. ЦНТ и 4,0 ед. ЦНТ; зольность не более 0,45 % (мас. доля); массовая доля цинка 0,04 %; механических примесей — отсутствие.

*6 Однородная мазь с температурой каплепадения не менее 32 °C.

Примечание. «-» — показатель не определяется, не нормируется; «+» — испытания выдерживает.

27 -- 1890

отсутствие отложений, пленок, затрудняющих перемещение движущихся частей металлообрабатывающих станков;

стабильность при хранении и транспортировании, в том числе при низких температурах;

удовлетворительные моющие свойства;

удовлетворительная микробиологическая стойкость и длительный срок службы водных эмульсий и растворов СОТС;

стабильность эксплуатационных свойств СОТС в процессе длительного применения — устойчивость к «истощению»;

легкость приготовления рабочих эмульсий и растворов, в том числе на воде различной жесткости, на холодной воде, в различных условиях;

удовлетворительная разлагаемость отработанной СОТС при обезвреживании и утилизации, экологическая безвредность отходов.

Выбор СОТС определяется рекомендациями по транспортированию и хранению, приготовлению рабочих растворов, контролю и корректировке качества, утилизации, охране труда при работе с СОТС. Правильный выбор СОТС обеспечивает технологическую эффективность, продлевает срок службы и дает экономию СОТС, улучшает санитарно-гигиенические условия труда.

Для процессов металлообработки СОТС выбирают в соответствии с типом операции и ее технологическими особенностями, характеристикой обрабатываемых материалов и т.д. Рекомендации по выбору СОТС для различных условий обработки металлов резанием и давлением определены в предыдущем разделе. При выборе СОТС для конкретных технологических условий следует иметь в виду эффективный способ подачи их в зону обработки (свободно падающей или напорной струей, в распыленном состоянии, через каналы в инструменте, поры шлифовальных кругов и др.).

При использовании масляных СОТС оборудование — емкости, поддоны, фильтрующие устройства, трубопроводы — очищают механическим способом и при необходимости промывают небольшим количеством свежего СОТС. Оборудование для приготовления, подачи и фильтрования водосмешиваемых СОТС и при их замене тщательно очищают, промывают и дезинфицируют. Например, подготовка индивидуальной системы подачи и фильтрования водосмешиваемой СОТС отдельного металлорежущего станка включает следующие этапы:

слив отработанной СОТС;

механическую очистку емкости, поддона, доступных частей станка от донных осадков, налипов, пленок;

заполнение емкости (на половину — треть объема) горячим (40–60 °С) водным раствором моющего и дезинфицирующего средства;

циркуляцию раствора в системе в течение 0,5–2,0 ч (в зависимости от объема системы и степени ее загрязненности);

слив промывного раствора.

Для очистки оборудования можно применять следующие средства, совместимые с эмульсиями и водными растворами СОТС:

технические моющие средства в виде 1–2 %-ных водных растворов — Лабомид-203, КМ-1, Аполир-К, Олинол-1, Вертолин-74, МС-6, МС-8, МС-15, ТМС-51, Полинка, МЛ-51, МЛ-72;

дезинфицирующие средства — бактерицидные присадки Амбизоль-1, Вазин, Карбамол-Б, Сульфоцид-5, -6 (0,01–0,3 %-ные растворы).

Для промывки металлорежущего оборудования, в частности крупных централизованных фильтрующих систем подачи СОТС, разработаны специальные моюще-дезинфицирующие средства (МДС), например, МДС-1 (ТУ 38.101974–84), МДС-4 (ТУ 38.101 1094–89), Лубрисол МД-95 (ТУ 21-004-343 52058–95) и др.

Периодичность очистки и дезинфекции систем приготовления и подачи СОТС зависит от объема систем, типа и свойств СОТС, условий их эксплуатации. Согласно ГОСТ 12.3.025–80 очистку емкостей для приготовления СОТС трубопроводов и систем подачи следует проводить один раз в шесть месяцев для масляных СОТС и один раз в три месяца для водных. Подготовленную систему циркуляции СОТС заполняют свежей жидкостью.

Большинство масляных СОТС поставляют готовыми к применению и перед заправкой в станок тщательно перемешивают. Некоторые масляные СОТС, например ЛЗ-СОЖ 2 МИО, ЛЗ-СОЖ 2 МО, ЛЗ-СОЖ 1 МО, готовят на предприятиях-потребителях растворением концентратов ЛЗ-26МО (7 и 20 %), ЛЗ-23МО (20 %) в минеральных маслах (индустриальных И-5А, И-12А, И-20А, И-30 по ГОСТ 20799–88 или веретенном АУ по ТУ 38.1011232–89). Перемешивают концентраты и масляные СОТС на их основе вручную или с помощью мешалок, сжатого воздуха, инертного газа.

Водосмешиваемые СОТС готовят в два этапа, которые включают подготовку воды и смешение эмульсола или концентрата с водой. Вода для приготовления эмульсий и растворов водосмешиваемых СОТС должна отвечать определенным требованиям, основные из них:

отсутствие грубодисперсных примесей;

общая жесткость для большинства СОТС 2–7 мг-экв/л;

значение pH должно быть в пределах 5,2–7,0;

температура — 15–30 °С;

содержание хлоридов: не более 30 мг/л — для растворов синтетических СОТС и 80 мг/л — для эмульсий;

содержание сульфатов — 150–170 мг/л (для большинства);

содержание микроорганизмов — не более $1 \cdot 10^2$ клеток на 1 мл.

На практике применяют следующие методы деминерализации воды: термические, реагентные, ионного обмена и магнитные.

Для приготовления эмульсий и растворов СОТС может быть использована смесь парового конденсата с технической водой в соотношениях, обеспечивающих требуемую жесткость. Воду перед приготовлением СОТС дезинфицируют различными методами — хлорированием, озонированием, введением бактерицидов, радиационной, ультразвуковой, электрической и электрохимической обработкой, ультрафильтрацией. Подготовленную таким образом воду смешивают с тщательно перемешанным концентратом СОТС.

Свободные кислоты, содержащиеся в эмульсолах ЭТ-2У, ЭГТ, НГЛ-205, нейтрализуют во время приготовления эмульсий введением 0,2–0,3 % (мас. доля) карбоната натрия или 0,2 % (мас. доля) тринатрийфосфата. Для повышения антикоррозионных свойств эмульсий из этих эмульсолов в свежеприготовленную эмульсию добавляют до 0,3 % (мас. доля) нитрита натрия или 1 % (мас. доля) бензоата натрия. Для интенсификации смешения концентрата и воды применяют различные методы и оборудование — механические смесители с пропеллерными и турбинными мешалками, гомогенизаторы, коллоидные мельницы, гидродинамические вибраторы и др.

В приготовленные эмульсии, особенно при их эксплуатации в централизованных групповых и фильтрующих системах, рекомендуется вводить бактерицидные присадки (табл. 9.5).

Свежеприготовленные эмульсии и растворы СОТС должны быть также проанализированы по физико-химическим показателям.

9.5. Бактерицидные присадки

Наименование	Применяемая концентрация, % (мас. доля)	Технические условия
Амбизоль-1	0,05-0,3	ТУ 38.5901378-94
Гидразекс-2	0,01-0,2	Опытный препарат
Карбамол-Б	0,1-0,3	ТУ 6-00-5011400-2-88
Сульфоцид-5, Сульфоцид-6	0,1-0,3	ТУ 6-09-5307-88
Препарат БС-3	0,1-0,5	ТУ 6-00-05744685-111-92
АМП	0,1-0,3	ТУ 38-00148843-020-94

В процессе эксплуатации в той или иной мере ухудшаются технологические показатели СОТС, появляется дым и туман, меняется внешний вид, ухудшаются защитные (антикоррозионные) свойства и др. Поэтому осуществляют текущий контроль и проводят корректировку в соответствии с ГОСТ 12.3.025–80 для СОТС на масляной основе — не реже одного раза в неделю, для синтетических и полусинтетических жидкостей — не реже одного раза в две недели. Показатели, методы контроля и нормы качества указаны в технических условиях на каждый продукт. Учитываются и дополнительные показатели (концентрация, содержание микроорганизмов, «инородного» масла и др.).

Резервами повышения эффективности и экономии СОТС является также их активация (ультразвуковая, электрическая, магнитная, термическая, ионизирующим излучением и др.) и рекуперация, заключающаяся в извлечении СОТС из стружки (центрифугированием, отстоем) и аэрозолей воздуха. Отработанные масляные и водосмешиваемые СОТС можно использовать в качестве компонентов закалочных и консервационных сред, смазок литейных форм, форм в производстве железобетона и кирпича, основ для изготовления грунтовок, мастик, моющих растворов, составов для пропитки древесины, однако такие решения требуют дополнительной проверки.

При эксплуатации СОТС возможно вредное воздействие их на организм человека — специфическое местное воздействие на кожный покров, раздражающее действие на слизистые оболочки верхних дыхательных путей и глаз, общее резорбтивное действие на организм. Поэтому применение СОТС должно обязательно сопровождаться профилактическими гигиеническими мероприятиями.

10 БАЗОВЫЕ МАСЛА

Нефтяные базовые масла, являющиеся основами большинства товарных смазочных масел, должны в значительной степени обеспечивать их необходимые эксплуатационные свойства и, следовательно, удовлетворять ряду требований к качеству. Иногда эти требования противоречат друг другу, как, например, получение высокого индекса вязкости и низкой температуры застывания масла, что создает проблемы технологического характера при производстве масел.

Сложный комплекс требований, предъявляемых к современным смазочным маслам, способствует все более широкому производству товарных масел на синтетической или синтетическо-нефтяной основе, так как синтетические масла имеют ряд преимуществ по сравнению с нефтяными (так же как и ряд недостатков). Это видно из данных, приведенных в табл. 10.1.

Нефтяные базовые масла

Выбор базового масла-основы при производстве товарного масла определяется как требуемыми функциональными показателями масла, так и экономическими показателями его производства и применения. Нефтяные базовые масла являются основными, наиболее массовыми базовыми маслами.

Необходимое усиление тех или иных эксплуатационных свойств базовых масел обеспечивают вводимые в масла композиции присадок: детергентно-диспергирующих, антиокислительных, антикоррозионных, депрессорных, противоизносных и др.

10.1. Сопоставление характеристик нефтяных и синтетических базовых масел

Свойства	Нефтяные (минеральные) базовые масла	Синтетические базовые масла		
		Полиальфа-олефиновые	Диэфиры	Полиолэфиры
Низкотемпературные свойства	--	+	+	++
Стабильность:				
термическая	-	+	+	+
окислительная	-	+	++	++
в присутствии воды и водяного пара	++	++	--	-
Растворяющая способность по отношению к присадкам	++	+	+	-
Совместимость с материалами уплотнений	+	+	-	-

Примечание. Оценка характеристик: «++» — отличная; «+» — удовлетворительная; «-» — неудовлетворительная; «--» — плохая.

Функции масел чрезвычайно разнообразны, они зависят от области применения и иногда смазочная их функция не является не только единственной, но даже и основной. Так, например, трансформаторные и кабельные масла вообще не выполняют смазывающих функций.

В качестве примера можно привести основные функции, которые, кроме собственно смазывания, должны выполнять некоторые крупные группы масел:

обеспечение чистоты и минимального износа узлов смазываемого изделия в процессе эксплуатации;

обеспечение эксплуатации изделия в широком интервале температур;

предотвращение коррозии и загрязнения поверхностей трения деталей в процессе эксплуатации;

отвод теплоты от узлов трения, удаление из зоны трения продуктов трения и износа.

Фактически масла следует рассматривать в качестве полноправных конструкционных материалов тех машин и механизмов, в которых они используются. При этом масла должны быть стабильны

в процессе эксплуатации (иметь высокую антиокислительную и, в ряде случаев, механическую стабильность), иметь хорошую совместимость с материалами уплотнения (эластомерами), невысокую склонность к пенообразованию и низкую гигроскопичность.

Из изложенного следует, что единых требований к качеству базовых масел, пригодных для производства всего ассортимента товарных масел, сформулировано быть не может.

Базовые масла классифицируют:

по физико-химическим свойствам (вязкость, иногда температура застывания);

по сырьевой природе, определяющей их химическую структуру (масла парафинового и нафтенового основания);

по способу производства — базовые масла делят на дистиллятные (вырабатываемые из вакуумных дистиллятов), остаточные (вырабатываемые из остатков перегонки нефти — гудронов) и компаундированные (смесь дистиллятных и остаточных). Различают масла очищенные и неочищенные. Масла очищают серной кислотой, адсорбционной, селективной (экстракцией растворителем) и гидрокаталитической очисткой. Наиболее широко распространены масла селективной очистки.

Некоторые зарубежные фирмы (например, British Petroleum) в спецификациях разделяют базовые масла на группы по областям применения: основы моторных, индустриальных, энергетических и других масел.

Однако основой классификации базовых масел в большинстве спецификаций является их вязкость. В маркировке базовых масел кроме уровня вязкости может указываться их сырьевая природа (парафиновые, нафтеновые), способ производства (селективной очистки, гидрированные). Вязкость масел в различных странах определяют различными способами и при различных температурах (рис. 10.1).

Современные базовые масла должны отличаться хорошим цветом, высокой температурой вспышки и соответственно низкой испаряемостью по NOACK, высоким индексом вязкости, хорошей приемистостью к присадкам и стабильностью при хранении.

Единой нормативно-технической документации (НТД) на базовые масла не существует. На основы моторных масел разработаны и действуют технические условия ТУ 38.101523—80, ТУ 38.1011261—89; на индустриальные масла общего назначения, являющиеся по сути базовыми маслами без присадок, — ТУ 38.101413—97; на трансмиссионные масла без присадок — ТУ 38.101529—75; ТУ 38.101110—86. Кроме того на базовые масла действует ряд других технических условий: ТУ 38.101355—73, изм. 1-4 (МС-20); ТУ 38.401-58-166—95 (компонент масел остаточный экспортный); ТУ 38.401-58-167—96 (ВИ-90 экспортное); ТУ 38.401117—91 (изопарафиновое); ТУ 38.301-13-007—98 (селективной очистки САМОЙЛ 4816 (SAE 30) и САМОЙЛ 4817 (SAE 40); ТУ 38.301-20-23—90 (основа масла АУ); ТУ 38.301-29-48—95 (дистиллятный и остаточный компоненты масел); ТУ 38.301-29-27—89 (дистилятные для производства смазок марки 20У).

На нефтеперерабатывающих предприятиях РФ базовые масла выпускают также по документации внутреннего характера — стандартам предприятия или техническим условиям, утвержденным заводом. При организации производства новых масел требования к качеству базового масла формируются разработчиком масла и согласуются с производителем как базового, так и товарного масла.

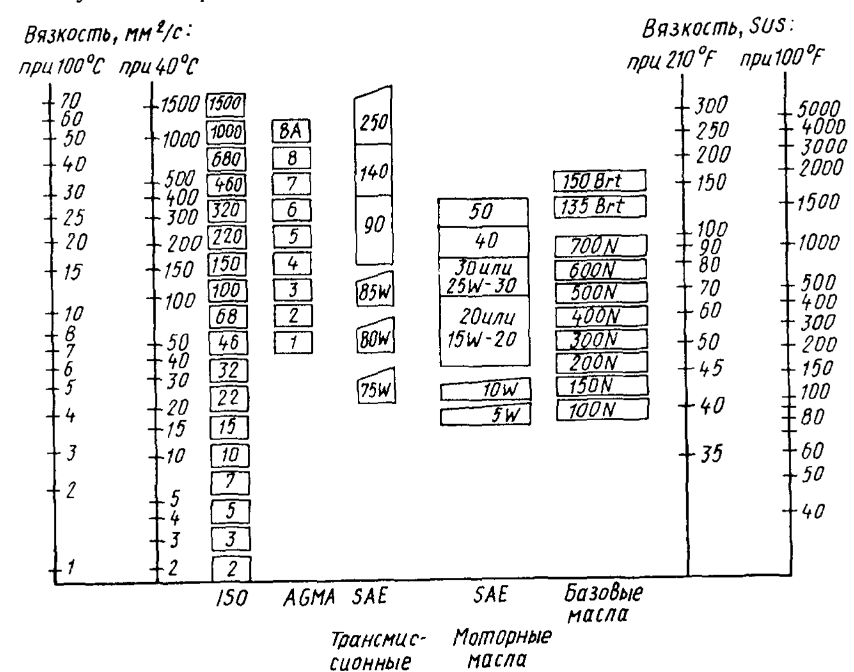


Рис. 10.1. Соотношение классов вязкости масел

Основные физико-химические свойства масел

Как уже указывалось, основой классификации нефтяных базовых масел является их уровень вязкости. Кроме вязкости в спецификации приводится ряд других показателей качества: цвет, индекс вязкости, температуры застывания и вспышки и др.

Вязкость — один из основных показателей качества масел. Он определяет надежность гидродинамического (жидкостного) трения, т. е. режима смазки. По уровню вязкости масла можно условно разделить на маловязкие (3–4 $мм^2/с$ при 100 °С), средневязкие (4–6 $мм^2/с$ при 100 °С) и вязкие (8–9 $мм^2/с$ при 100 °С и выше).

Индекс вязкости — показатель, характеризующий вязкостно-температурные свойства масла. Чем выше индекс вязкости (ИВ), тем более пологой является вязкостно-температурная кривая масла в области плюсовых температур (т. е. тем менее значительно изменение режима смазки с изменением температуры). ИВ является важным товарным показателем масла, так как характеризует качество (глубину) его очистки — чем выше ИВ, тем лучше очищено масло. Вместе с тем, показатель ИВ не следует абсолютизировать, так как в значительной мере его значение зависит от углеводородной природы сырья для производства масел. Так, из нефтей нафтенового основания производство базовых масел с высокими ИВ весьма затруднительно, что отнюль не делает эти масла непригодными для выработки товарных масел определенного ассортимента. По индексу вязкости масла можно разделить на низкоиндексные (ИВ не выше 80), среднеиндексные (ИВ равно 80–90) и высокоиндексные (ИВ равно 90–95 и выше). В качестве компонентов базовых масел современного уровня качества используют базовые масла со сверхвысоким индексом вязкости (ИВ выше 100), представляющие собой продукты глубокой гидрокаталитической переработки нефтяного сырья. Учитывая важность и высокую информативность такого показателя, как индекс ИВ, Американский нефтяной институт (API) рекомендует классифицировать базовые масла по трем показателям: индекс вязкости, доля нафтено-парафиновых углеводородов и содержание серы (табл. 10.2).

Температура застывания — показатель, характеризующий низкотемпературные свойства масла, т.е. возможность его эксплуатации при отрицательных температурах. Большинство базовых масел имеют температуры застывания от 0 до -15 °С. Однако имеется группа

низкозастывающих масел с температурой застывания ниже -30 °С. В основном это маловязкие базовые масла, являющиеся основами трансформаторных, авиационных, некоторых гидравлических, а также зимних моторных и трансмиссионных масел.

Температура вспышки масел характеризует наличие в масле легкокипящих фракций и связана с таким важным для производства моторных масел показателем, как моторная испаряемость.

Цвет масел является товарным показателем и так же, как и индекс вязкости, характеризует глубину и качество их очистки.

Коксуемость — характеристика остаточных масел (в дистиллятных коксуемость весьма незначительна), достаточно четко характеризующая качество масла с точки зрения нагаро- и лакообразования в процессе эксплуатации товарного (моторного) масла на этой основе. Значение коксуемости зависит от глубины и качества процессов деасфальтизации и селективной очистки при производстве масла.

Физико-химические показатели, характеризуя качество базового масла, в то же время в значительной степени являются косвенными. В основном качество базовых масел и, в конечном итоге, обеспечиваемые ими эксплуатационные показатели товарных масел зависят от химического и фракционного состава.

Зависимость эксплуатационных свойств товарного масла от состава базового масла. От углеводородного (химического) состава базового масла зависят:

вязкость — определяет толщину смазывающей пленки, т.е. надежность смазывания; текучесть и прокачиваемость при низких температурах; сохранение необходимой для надежного смазывания вязкости при высоких температурах; потери энергии; износ;

стабильность к окислению — определяет сохранение первоначальных физико-химических и эксплуатационных свойств масла,

10.2. Классификация базовых масел по API

Группы	Индекс вязкости	Массовая доля, %	
		нафтено-парафинов	серы
I	80-120	<90	>0,03
II	80-120	≥90	≤0,03
III	≥120	≥90	≤0,03
IV	Все полиальфаолефины (ПАОМ)		
V	Другие базовые масла кроме групп I, II, III и IV		

включая его минимальную коррозионную активность в процессе эксплуатации;

поверхностная активность — определяет вспениваемость и эмульгируемость масла; в определенной степени влияет на коррозионную активность масла;

растворяющая способность — определяет способность базового масла растворять композицию присадок; в определенной степени влияет на моющие (детергентно-диспергирующие) свойства масла.

От фракционного состава базового масла зависит испаряемость, характеризующая расход масла и степень его загущения в процессе эксплуатации, ведущего к образованию отложений.

Состав масел и технология их получения

По химическому составу нефтяные масла представляют собой смесь углеводородов молекулярной массой 300—750, содержащих в составе молекул 20—60 атомов углерода. Базовые масла состоят из групп изопарафиновых, нафтено-парафиновых, нафтено-ароматических и ароматических углеводородов различной степени цикличности, а также гетероорганических соединений, содержащих кислород, серу и азот. Именно элементорганические соединения (в основном кислородсодержащие) являются основой смол, содержащихся в базовых маслах. Химический состав базовых масел и структура входящих в их состав углеводородов определяются как природой перерабатываемого сырья, так и технологией его переработки.

Условно все входящие в состав масляной фракции группы углеводородов и соединений можно разделить на желательные и нежелательные в составе масла. *Желательные компоненты:* изопарафиновые, нафтено-парафиновые, моно- и бициклические ароматические углеводороды с длинными боковыми цепями; именно содержание в масле этих групп углеводородов обеспечивает оптимальное сочетание эксплуатационных свойств и хорошую стабильность в процессе эксплуатации. *Нежелательные компоненты:* твердые парафиновые углеводороды, полициклические ароматические углеводороды, смолистые и асфальто-смолистые соединения.

По фракционному составу масла представляют собой высококипящие продукты, так как их вырабатывают из нефтяных фракций, выкипающих при температуре выше 300 °С.

Основной объем масел вырабатывают с применением экстракционных процессов разделения сырья (дистиллятов и гудронов): селективной очистки растворителем (фенолом, фурфуролом или N-метилпирролидоном), деасфальтизации гудронов пропаном и сольвентной депарафинизации рафинатов селективной очистки в кетонсодержащем растворителе (последний процесс представляет собой одну из разновидностей процесса экстракции — экстрактивную кристаллизацию). Постоянно снижается производство масел с использованием процесса сернокислотной очистки, что обусловлено снижением добычи пригодных для этого процесса нефтей, образованием больших количеств экологически вредных трудноутилизуемых отходов (кислый гудрон) и в большинстве случаев недостаточно высоким для современных требований качеством получаемых масел. В относительно небольших количествах вырабатываются масла с использованием процессов гидрокрекинга и гидрокаталитической депарафинизации, хотя гидрокаталитические процессы весьма перспективны в производстве масел и их, безусловно, ожидает дальнейшее качественное и количественное развитие.

Синтетические базовые масла

Полиальфаолефиновые масла

Полиальфаолефиновые масла (табл. 10.3) — синтетические базовые жидкости, получаемые каталитической олигомеризацией высших альфаолефинов, главным образом фракции C_{10}, с последующим гидрированием маслогенных продуктов синтеза. По химическому составу полиальфаолефиновые масла представляют собой преимущественно алифатические углеводороды с длинноцепочечной разветвленностью. Полиальфаолефиновые масла различаются молекулярно-массовым распределением и вязкостью. Для них характерна пологая зависимость вязкости от температуры, низкая температура застывания, улучшенная низкотемпературная реология, повышенная термическая стабильность. Полиальфаолефиновые масла полностью совместимы с нефтяными маслами, имеют хорошую приемистость к большинству присадок, применяемых в нефтяных маслах, гидролитически и химически стабильны, экологически безопасны. Их применяют как основы или как базовые компоненты моторных, авиационных, трансмиссионных, холодильных, вакуумных, вакцинных, белых масел, пластичных смазок.

10.3. Характеристики полиальфаолефиновых масел

Показатели	М-9С (ПАОМ-9) по ТУ 38.401269-82	ПАОМ-20 по ТУ 38.401-58-42-92
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:		
100 °С	9±0,5	19-21
-20 °С	-	Не нормируется. Определение обязательно
Плотность при 20 °С, г/см³	Не нормируется. Определение обязательно	-
Индекс вязкости, не менее	110	-
Температура, °С:		
застывания, не выше	-	-
вспышки в открытом тигле, не ниже	200	270
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	Отсутствие
Содержание:		
воды	Следы	Отсутствие
механических примесей	Отсутствие	Отсутствие
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,0	-
Трибологические характеристики, определяемые на ЧШМТ при (20±5) °С:		
критическая нагрузка, Н, не менее	-	784
показатель износа при осевой нагрузке 196 Н в течение 1 ч, мм, не более	-	0,65

Сложные эфиры дикарбоновых кислот

Наиболее известно применение эфиров адипиновой, азелаиновой и себациновой кислот. Эфиры этих кислот обладают весьма пологой кривой зависимости вязкости от температуры в интервале +100...-60 °С, соответственно низкой температурой застывания, весьма малой испаряемостью, высокими термическими и термоокислительной стабильностями, не вызывают коррозию различных металлов и по этим показателям значительно превосходят минеральные масла. Поэтому сложные эфиры нашли широкое применение в качестве основ и компонентов авиационных синтетических масел и гидравлических жидкостей. Сложные эфиры дикарбоновых кислот применяют также в качестве гидротормозных жидкостей, белых масел для текстильной промышленности, компонентов для различных ответственных консистентных смазок и приборных масел, работающих в широком диапазоне температур — от +100...200 до -40...-60 °С.

Наиболее характерным представителем этого класса соединений является ди-2-этилгексиловый эфир себациновой кислоты (ДОС).

В России выпускают две марки ДОС: ДОС как пластификатор по ГОСТ 8728–88 и ДОС термостабильный по ТУ 6-06-11–88 как основу авиационных масел (табл. 10.4).

10.4. Физико-химические свойства диоктилсебацината

Показатели	ДОС-Т	ДОС-пластификатор	
		1-й сорт	2-й сорт
Внешний вид	Прозрачная жидкость без взвеси и осадка	Прозрачная однородная масляничная жидкость без механических примесей со слабым специфическим запахом	
Цветность:			
по платинокобальтовой шкале, ед. Хазена, не более	150	-	-
по йодометрической шкале, не темнее номера	-	3	10
Плотность при 20 °С, г/см³	≤0,914	≥0,913	≥0,913
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,14	0,15	0,20
Число омыления, мг КОН/г	260-270	261-270	261-270
Температура вспышки, °С, не ниже	216	215	212
Удельное объемное электрическое сопротивление при 20 °С, Ом·см	$2{,}5\cdot10^{11}$	$5\cdot10^{10}$	$5\cdot10^{10}$
Термоокислительная стабильность в присутствии ингибитора:			
при 200 °С в течение 10 ч	Выдерживает	-	
кислотное число, мг КОН/г, не более	2,0	-	
Температура помутнения	Должна быть прозрачной при 30 °С	-	
Содержание воды, механических примесей, водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	-	
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:			
-54 °С, не более	10000	-	
100 °С, не менее	3,2	-	

Диоктилсебацинат термостабильный (ДОС-Т) (ТУ 6-06-11–88) — сложный эфир себациновой кислоты и 2-этилгексилового спирта. Эмпирическая формула $C_{26}H_{50}O_4$. Молекулярная масса 426,68.

Получают этерификацией себациновой кислоты 2-этилгексанолом в присутствии катализатора по реакции:

$$(CH_2)_8\begin{matrix} \diagup COOH \\ \diagdown COOH \end{matrix} + 2CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}\underset{}{\overset{CH_2\text{-}CH_3}{CH}}\text{-}CH_2OH \rightarrow (CH_2)_8\begin{matrix} \diagup COOC_8H_{17} \\ \diagdown COOC_8H_{17} \end{matrix} + 2H_2O.$$

ДОС-Т используют в качестве основы синтетических авиационных и специальных масел, смазок и гидрожидкостей. Отличается от ДОС-пластификатора высокой термоокислительной стабильностью. Рабочая температура эксплуатации от -60 до +200 (225) °С.

ДОС-Т является неядовитой и не взрывоопасной жидкостью. Предельно допустимая концентрация его в производственных помещения составляет 50 мг/м^3, что соответствует по ГОСТ 12.1.007–76 четвертому классу опасности. ДОС-Т — горючее вещество. Температура вспышки 215 °С, температура самовоспламенения паров 400 °С.

Большинство масел, удовлетворяющих требованиям американской спецификации MIL-L-7808, и отечественные масла ВНИИ НП-50-1-4ф, ВНИИ НП-50-1-4у, ИМП-10, гидравлическая жидкость 7-50С-3 содержат эфиры дикарбоновых кислот.

Эфиры фосфорной кислоты

Эфиры фосфорной кислоты — синтетические продукты, полученные этерификацией хлорокиси фосфора алифатическими спиртами или фенолами. Среди них наибольшее применение находят трибутилфосфат (**ТБФ**), трикрезилфосфат (**ТКФ**), дибутилфенилфосфат (**ДБФФ**), дифенил-п-трет-бутилфенилфосфат (**ДФИБФФ**), триксиленилфосфат (**турбинное масло ОМТИ**) и другие арилфосфаты и алкил-арилфосфаты (табл. 10.5).

Отличительной особенностью фосфатов является их высокая огнестойкость. Температура воспламенения многих фосфатов выше 600 °С, они медленно горят в пламени, не поддерживая горение и не распространяя пламя. Фосфаты обладают достаточной термической

10.5. Физико-химические свойства некоторых эфиров фосфорной кислоты

Показатели	ТБФ, ТУ 6-02-733-84	ТКФ, ГОСТ 5728–76	ДФИБФФ, ТУ 6-06-241-92	ДБФФ, ТУ 6-02-985-81	Турбинное масло ОМТИ, ТУ 6-25-12-75
Плотность при 20 °С, кг/м^3, не менее	975	1170	1155	1060	1130
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,08	0,17 (сорт I); 0,4 (сорт II)	0,07	0,05	0,04
Вязкость*, мм^2/с, при температуре:					
50 °С	2,2	-	18,0	3,2	23,0
-60 °С	220	-	-	2000	-
Температура, °С:					
застывания*, не выше	-75	-26	-25	-	-17
вспышки в открытом тигле, не ниже	163	228	235	175	240
воспламенения, не ниже	189	249	-	216	295
самовоспламенения, не ниже	369	569	-	600	700
Класс опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76	2	2	-	2	3

* Не нормируется ТУ.

и окислительной стабильностью, высокой смазочной способностью, хорошими вязкостно-температурными свойствами.

Фосфаты находят широкое применение как основы и компоненты огнестойких гидравлических авиационных жидкостей, промышленных масел, турбинных масел, пластификаторов полимеров, а также как противоизносные присадки к минеральным и синтетическим маслам и смазкам. Жидкие фосфаты являются хорошими растворителями для многих неметаллических материалов, что необходимо учитывать и пользоваться резино-техническими изделиями, специально рекомендованными для контактирования с фосфатами.

Сложные эфиры неопентиловых спиртов

Этот класс соединений является весьма перспективным в качестве основ высокотемпературных масел, обладающих высокой термической и термоокислительной стабильностью, хорошими вязкостными свойствами при низких температурах, высоким индексом вязкости, очень низкой летучестью и хорошими смазывающими свойствами. К этому классу соединений относят сложные эфиры

28 — 1890

одноосновных кислот и неопентиловых полиспиртов: неопентилгликоля, триметилолэтана, триметилолпропана (этриола) и пентаэритрита. Высокая термическая стабильность этих эфиров обусловлена своеобразной структурой углеводородного скелета у бета-углерода спиртовой части отсутствует атом водорода, способствующий разложению с образованием шестичленного кольца, которое неустойчиво и распадается на кислоту и 1-алкен. Наиболее характерным представителем этого класса соединений является эфир пентаэритрита и смеси одноатомных жирных кислот C_5-C_9 (СЖК C_5-C_9). Получается реакцией этерификации многоатомного спирта-пентаэритрита с монокарбоновыми кислотами в присутствии катализатора.

Сложный эфир пентаэритрита является основой большого количества авиационных масел как зарубежных по спецификации MIL-L-23699, так и отечественных: Б-3В, ЛЗ-240, ПТС-225, 36/1-КУА и целого ряда консистентных смазок. В зависимости от способа получения эфира пентаэритрита и СЖК C_5-C_9 и его термостабильности различают три сорта отечественных эфиров следующих марок: **эфир пентаэритрита №2** по СТП4-155−83 Уфимского НПЗ, **эфир ПЭТ-М** по ТУ 38.401567−86 для масел и **эфир ПЭТ** по ТУ 1011027−85 для смазок (табл. 10.6).

Использование эфира ПЭТ-М как базовой жидкости или компонента в составе смазочных материалов позволяет существенно расширить температурный диапазон применения наиболее ответственных видов техники. Отличная стабильность эфира ПЭТ-М при высокой (выше 200 °С) температуре в сочетании с хорошими низкотемпературными свойствами и хорошей смазочной способностью позволяет считать его универсальной основой для получения смазочных материалов, работающих в условиях, диктуемых современным уровнем развития техники и технологии.

Полиорганосилоксаны

Полиорганосилоксановые жидкости обладают уникальными физико-химическими свойствами: низкой температурой застывания, пологой вязкостно-температурной кривой, высокой термоокислительной и термической стабильностью, низкой упругостью пара и др. Поэтому они нашли применение в качестве основ и компонентов высокотемпературных авиационных масел и гидрожидкостей,

10.6. Физико-химические свойства эфиров пентаэритрита

Показатели	Эфир №2	ПЭТ-М	ПЭТ
Внешний вид	-	Прозрачная легкоподвижная жидкость от желтого до светло-коричневого цвета	
Цвет, ед. ЦНТ, не более	-	-	1
Плотность при 20 °С, г/см³	0,990-0,997	0,978-0,990	0,979-0,990
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,5	0,1	0,1
Число омыления, мг КОН/г	-	360-420	360-420
Температура, °С:			
вспышки, не ниже	235	240	234
застывания, не выше	-60	-60	-60
Массовая доля кокса, %, не более	0,25	-	-
Гидроксильное число, мг КОН/г, не более	-	10	10
Зольность, %, не более	-	0,005	-
Термоокислительная стабильность в присутствии ингибитора:			
при 225 °С, 50 ч	-	Выдерживает	-
кислотное число, мг КОН/г, не более	-	Не нормируется	-
кинематическая вязкость, мм²/с, при -40 °С	-	30000	-
осадок, не растворимый в изооктане, %, не более	-	0,15	-
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:			
-40 °С	-	7000	7000
100 °С, не менее	3,2	4,4	4,4
Показатель преломления при 20 °С	-	1,4528-1,4545	-

Примечание. Для всех эфиров содержание воды и водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие, для эфиров ПЭТ-М и ПЭТ содержание механических примесей — отсутствие.

приборных масел, жидкостей для микрокриогенной техники, а также дисперсионных сред пластичных смазок. Однако недостаточная смазочная способность и высокая стоимость ограничивают широкое применение этих жидкостей.

Наиболее часто применяют полиметил- и полиэтилсилоксановые жидкости, а также полигалоидсилоксаны, обладающие лучшей смазывающей способностью. К ним относят такие жидкости, как

ПЭС-4, 132-24 (ПЭС-С-1), ПМС-20р, ПМС-100рр-ВВ, ФС5, ФХС-1, ХС-2-1, ХС-2-1-ВВ и др. (табл. 10.7 и 10.8).

Жидкость ХС-2-1 (ТУ 602-804–79) относят к классу полиметил-(дихлорфенил)силоксановых жидкостей. Используют в качестве основы масел и пластичных смазок. Жидкость при нормальных температурных условиях химически инертна, нетоксична (класс опасности IV), взрывобезопасна. Упаковывают в алюминиевые фляги вместимостью 40 л или бидоны из белой жести вместимостью 18 л, а также стеклянные бутыли вместимостью 20 л.

Жидкость 162-170ВВ (ХС-2-1-ВВ) (ТУ 6-02-824–78) представляет собой полиорганосилоксан с низкой упругостью пара. Используют в качестве основы приборных масел и дисперсионной среды пластичных смазок. Жидкость химически инертна, взрывобезопасна, горюча, малотоксична (класс опасности IV). Ее упаковывают в сухие чистые стеклянные бутыли с притертыми стеклянными пробками или пластмассовыми навинчивающимися крышками. Упаковывают в банки (ГОСТ 6128–81) и бидоны (ГОСТ 20882–75) из белой жести.

Жидкость ФСТ-5 (ТУ 6-02-910–74) представляет собой смесь полиметил (γ-трифторпропил) силоксанов, кипящих при температуре выше 250 °С при остаточном давлении 266–399 Па. Применяют в качестве основы масел и пластичных смазок. Не токсична.

Жидкость ПМС-100рр-ВВ (131-117рВВ) (ТУ 6-02-1-284–76) — полиметилсилоксан разветвленной структуры. Применяют в качестве основы масел и смазок, используемых для работ при температуре ниже -90 °С. Жидкость взрывобезопасна, горюча, малоопасна (IV класс опасности). Выпускают в банках из белой жести вместимостью 18–20 л, стеклянных бутылях, стеклянных банках вместимостью до 5 л.

Жидкость №7 (ГОСТ 25149–82) — смесь полиэтилсилоксанов преимущественно линейного строения. Применяют в качестве компонента основ синтетических масел и гидрожидкостей. Взрывобезопасна, горюча, малотоксична (класс опасности IV). Температура самовоспламенения 260 °С. Жидкость упаковывают в банки из белой жести, металлические бидоны для нефтепродуктов, стеклянные бутыли.

Жидкость ПЭС-4 (ГОСТ 1300–77) используют в качестве основы низкотемпературных масел и приборной жидкости в интервале температур -60...+150 °С. Химически инертна, взрывобезопасна, не токсична. Упаковывают в сухие банки из белой жести вместимостью до 10 л, в алюминиевые фляги вместимостью 25 и 38 л.

10.7. Физико-химические свойства галоидсодержащих полиорганосилоксановых жидкостей

Показатели	ФСТ-5	ХС-2-1	162-170ВВ (ХС-2-1-ВВ)	169-36 (ФХС-1)
Внешний вид	Бесцветная прозрачная жидкость без механических примесей	Жидкость от бесцветного до желтого цвета	Прозрачная бесцветная жидкость	
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:				
20 °С	38-45	40-47	70-85	55-70
-50 °С	-	-	≤2300	-
-60 °С, не более	4500	3000	-	12000
100 °С, не менее	8,0	9,0	-	8,0
Плотность при 20 °С, г/см³	1,09-1,11	1,025-1,035	-	1,13±0,01
Температура, °С:				
застывания, не выше	-90	-	-85	-80
вспышки в открытом тигле, не ниже	250	230	300	250
Кислотное число, мг КОН/г, не более	-	0,04	0,05	-
Реакция среды (pH неводного раствора)	6,3-7,0	-	-	6,0-7,0
Массовая доля воды, %, не более	0,006	0,02	0,02	0,01
Испаряемость, %, не более	15,0 (150 °С, 100 ч)	15,0 (150 °С, 100 ч)	1,0 (250 °С, 120 мин в тонком слое)	-
Упругость пара при 270 °С, Па, не выше	-	-	199,9	-
Термоокислительная стабильность: (с продувкой воздуха)	250 °С, 50 ч	200 °С, 100 ч	200 °С, 100 ч	250 °С, 50 ч
изменение вязкости жидкости, %, не более, при температуре:				
100 °С	50	-	-	-
20 °С	-	10	10	30
-60 °С	-	12	12	-
массовый показатель коррозии при испытании металлических пластин, мг/см²:				
сталь 30ХГСА	±0,20	±0,10	±0,10	±0,10
дуралюминий Д16	±0,20	±0,10	±0,10	-
бронза БрАЖ9-4	-	±0,10	-	±0,10
медь М1	Не нормируется. Определение обязательно	±0,30	±0,30	-

10.8. Физико-химические свойства полиметил- и полиэтилсилоксановых жидкостей

Показатели	Полиметилсилоксановые жидкости		Полиэтилсилоксановые жидкости		
	ПМС-20р	ПМС-100рр-ВВ(131-117рВВ)	Жидкость №7	132-24 (ПЭС-С-1)	ПЭС-4
Внешний вид	Прозрачная бесцветная жидкость		Прозрачная жидкость от бесцветного до светложелтого цвета	Прозрачная жидкость от бесцветного до желтого цвета	Прозрачная жидкость
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:					
20 °С	18-20	110-160	44,0-49,0	220-300	42-48
100 °С	≤7,0	30-50	-	-	-
200 °С, не менее	-	-	2,5	-	-
-60 °С, не более	400	3000	14,0	20000	-
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не ниже	200	300	195	260	170
застывания, не выше	-100	-100	-70	-70	-
Кислотное число, мг КОН/г, не более	-	0,10	-	-	-
Реакция среды (рН водной вытяжки)	6,0-7,0	-	6,2-7,0	5,0-7,0	6,0-7,0
Массовая доля, %:					
кремния	37,0-39,0	36,0-38,0	26,0-27,0	-	26,0-27,1
воды, не более	0,01	0,008	0,003	0,005	0,01
Испаряемость, %, не более	1,2 (80 °С, 100 ч)	0,3 (200 °С, 10 ч)	-	-	-

Примечание. Для всех марок полиметил- и полиэтилсилоксановых жидкостей содержание механических примесей — отсутствие.

Жидкость ПМС-20р (ТУ 6-02-1259—84) представляет собой смесь олигометилсилоксанов линейной и разветвленной структуры. Применяют в приборных маслах и смазках. Жидкость малоопасна (класс опасности IV), трудногорючая. Температура воспламенения 267 °С, температура самовоспламенения 390 °С. Жидкость упаковывают в бочки по ГОСТ 21029—75, в металлические бидоны, фляги по ГОСТ 5799—78, стеклянные бутыли вместимостью 10 и 20 л.

11 ПРИСАДКИ К МАСЛАМ

Присадки обеспечивают комплекс эксплуатационных свойств, необходимых для смазочных материалов различного назначения, а также способствуют предотвращению интенсивного окисления масел и образования отложений и осадков, снижению износа и коррозии.

По своему эксплуатационному действию присадки условно подразделяют на следующие основные типы:

антиокислительные — повышают антиокислительную устойчивость масел;

антикоррозионные — защищают металлические поверхности от коррозионного воздействия кислородо- и серусодержащих продуктов и влаги;

моюще-диспергирующие — способствуют снижению отложений продуктов окисления на металлических поверхностях;

присадки, улучшающие смазочные свойства масел (противоизносные, противозадирные и антифрикционные);

депрессорные — понижают температуру застывания масел;

вязкостные (или загущающие) — улучшают вязкостно-температурные свойства масел;

антипенные — предотвращают вспенивание масел.

Некоторые присадки улучшают одновременно несколько свойств масел — их называют многофункциональными. Присадки должны хорошо растворяться в маслах и не выделять осадков при хранении и транспортировании.

Для России и стран СНГ весьма актуальной является разработка специальных

композиций (как товарных продуктов), так называемых «пакетов» присадок к маслам.

Пакеты присадок способствуют наиболее полному удовлетворению потребностей в присадках заводов-изготовителей масел и снижению затрат, уменьшению потерь и улучшению технико-экономических показателей как изготовителей, так и потребителей присадок.

Изготовители масел имеют определенные преимущества с точки зрения стабильности и гарантии качества масел, получая пакеты присадок от одного поставщика вместо нескольких поставщиков присадок по отдельности. Должно также происходить снижение затрат и уменьшение потерь на стадиях транспортирования, складирования, хранения и перекачки.

Антиокислительные присадки

Смазочные масла при работе в двигателях и механизмах находятся в контакте с воздухом, но при этом имеют место высокие температуры и присутствие металла. В таких условиях происходит окисление масла, что приводит к образованию продуктов кислого характера, которые способствуют коррозии металлических деталей и образованию углеродистых отложений, а это, в свою очередь, приводит к нарушению нормальной работы механизмов и ограничению ресурса работы смазочных масел.

Процесс окисления смазочных масел предотвращают путем введения в их состав антиокислительных присадок. Эти ингибиторы действуют в двух направлениях — одни разрушают свободные радикалы, тем самым разрывают окислительную цепь, а другие взаимодействуют с пероксидами, образующимися в процессе окисления.

Типичными антиокислителями, работающими по первому механизму, являются пространственно затрудненные фенолы и ароматические амины. Эффективность фенольных антиокислителей зависит от их строения: возрастает, если алкильные группы замещаются две в орто- и одна в пара-положения, и еще более усиливается, если орто-заместителем являются третичные алкильные группы.

Антиокислители фенольного и аминного типов используют в основном в индустриальных и энергетических маслах. В моторных

маслах применяют преимущественно антиокислители, работающие по механизму разрушения пероксидов. К ним относят дитиофосфаты металлов, получаемые при взаимодействии спиртов или(и) алкилфенолов с пентасульфидом фосфора с последующей нейтрализацией. Состав и строение дитиофосфатов определяют их эффективность.

Антиокислители дитиофосфатного типа также придают маслам высокие противоизносные и антикоррозионные свойства, в связи с чем значительно расширяется область использования присадок такого типа.

В табл. 11.1 приведены типичные свойства присадок дитиофосфатного типа, вырабатываемых некоторыми зарубежными компаниями, а в табл. 11.2 — характеристики отечественных антиокислительных присадок.

Зольные антиокислители

ДФ-11 (ТУ 38.5901254–90) представляет собой 50 %-ный раствор диалкилдитиофосфата цинка в масле. Присадка получена на основе изобутилового спирта и 2-этилгексанола. Улучшает антиокислительные, антикоррозионные и противоизносные свойства смазочных масел. Применяют в маслах различного назначения в концентрации 1,0–2,5 % (мас. доля).

ДФБ (ТУ 38.1011131–87) — раствор диалкилдитиофосфата, модифицированного бором, в масле. Технология изготовления присадки позволяет получать ее с повышенным значением pH. Присадка термостабильна и обладает помимо антиокислительных, антикоррозионных и противоизносных свойств антифрикционным действием. Применяют в составе моторных и трансмиссионных масел в концентрации 1,0–2,2 % (мас. доля).

А-22 (ТУ 0257-006-40065452–97) представляет собой диалкилдитиофосфат цинка, модифицированный бором. Содержит 85–100 % активного вещества. Обладает антиокислительным, противоизносным, антикоррозионным и антифрикционным действием.

Применяют в моторных маслах различных групп, а также в трансмиссионных и индустриальных маслах в концентрации от 0,5 до 1,5 % (мас. доля).

ДФ-1 (СТП 00148820-401068–92) — масляный раствор диалкилдитиофосфата бария, полученный на основе высокомолекулярных спиртов. Применяют в качестве антиокислительной, антикор-

розионной и противоизносной присадки в моторных маслах, в частности, масле М-$20В_2$Ф, предназначенном для смазывания судовых двигателей.

ВНИИНП-354 (ТУ 38.101680–77) представляет собой раствор диалкилфенилдитиофосфата цинка в масле. Для производства присадки использует алкилфенол. Обладает антиокислительным и антикоррозионным действием, применяют в моторных маслах в концентрации 2,0–2,2 % (мас. доля).

Вырабатывается также разбавленная маслом присадка ВНИИНП-354 по СТП 011201-401114–93.

Беззольные антиокислители

ВНИИНП-715 (ТУ 38.1011226–89) — 50 %-ный раствор продукта взаимодействия ди(алкилфенил)дитиофосфорной кислоты с диэтилентриамином в масле. Присадка обладает антиокислительными и антикоррозионными свойствами.

Борин (ТУ 38.1011003–87) — 50 %-ный раствор модифицированного основания Манниха, полученного конденсацией алкилфенолов с гексаметилентетраамином или аммиаком и формальдегидом в масле. Улучшает антиокислительные свойства минеральных масел.

Агидол-2 (ТУ 38.101617–86) представляет собой продукт формальдегидной конденсации о-трет-бутил-п-крезола, полученного для марки А алкилированием п-крезола

11.1. Диалкилдитиофосфаты цинка, производимые зарубежными фирмами

Показатели	Lubrizol (США)		Ethyl (США)		BP, Adibis (Англия)		Mixoil (Италия)	
	LZ 1395	LZ 1095	Hitec 1655	Hitec 1656	АДХ 301	АДХ 308	МХ 3102	МХ 3103
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	14,2	11,8	115 (40 °С)	10	-	-	10,6	13,0
Массовая доля, %:								
фосфора	9,5	9,5	8,0	8,2	7,2	9,5	8,0	7,0
серы	20	20	-	-	15,2	18,1	-	-
цинка	10,6	10,5	9,0	9,2	7,8	10,5	8,8	7,7
pH в спирто-толуольной смеси	6,15	6,2	6,1	6,2	5,9	6,1	-	-
Температура вспышки в открытом тигле, °С	>180	>180	190	200	>150	>150	>95	>95

11.2. Характеристики антиокислительных присадок отечественного производства

Показатели	ДФ-11	ДФБ	А-22	ДФ-1	ВНИИНП-354	ВНИИНП-715	Борин
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	5-10	5-10	≥ 8	≤20	19-25	≥27	≤ 150
Массовая доля, %:							
фосфора	4,4-4,9	4,5-5,7	≥8	-	≥2,3	≥2,1	-
серы, не менее	-	-	15	-	4,5	2,8	-
цинка (бария)	5,0-5,6	5,4-6,2	≥9	(≥3,8)	≥2,4	-	-
азота	-	-	-	-	-	≥1,9	0,4-1,5
бора	-	Присутствует	0,05	-	-	-	-
воды		Следы		0,06	Следы	≤0,1	≤0,15
механических примесей, не более	-	-	0,1	0,08	0,1	0,1	0,08
pH раствора присадки в спирто-толуольной смеси, не менее	5,5	6,0	6,0	-	≥2,7	-	-
Эксплуатационные показатели масла с массовой долей присадки, %:	1,2	1,2	0,7	2,0	3,5*	2,0	5,0*
коррозионность базового масла М-11 с присадкой, г/м², не более	5	5	5	10	5	5	-
показатель износа (на ЧШМТ**), мм, не более	0,5	0,5	0,45	-	-	-	-
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	170	165	170	-	165	160	145

* Термоокислительная стабильность присадкок Борин и ВНИИНП-354 при 250 °С соответственно не менее 30 и 60 мин.

** Осевая нагрузка 392 Н и температура начала испытания (20±5)°С в течение 1 ч.

изобутиленом или марки Б — деалкилированием или переалкилированием ионола. Используют в качестве антиокислительной присадки в основном в индустриальных и энергетических маслах. Выпускают двух марок:

	Агидол-2	
	Марка А	Марка Б
Внешний вид	Белый порошок	Белый порошок
Температура начала плавления, °С	128	126-128
Зольность, %, не более	0,1	0,1
Массовая доля основного вещества, %, не менее	99,6	99,6

Моюще-диспергирующие присадки

Для предотвращения или уменьшения образования отложений продуктов окисления на рабочих поверхностях, а также для поддержания продуктов загрязнения во взвешенном состоянии, смазочные масла содержат моющие (детергенты) и диспергирующие (дисперсанты) присадки. Моюще-диспергирующие присадки можно условно разделить на две группы: *зольные* и *беззольные*.

Зольные присадки, обладающие детергентным действием, содержат в своей молекуле полярные группы, которые адсорбируются на поверхностях нерастворимых в маслах частиц и препятствуют таким образом образованию лаков и отложений. Кроме того, зольные моющие присадки нейтрализуют кислые продукты, образующиеся в процессе окисления масла вследствие повышенной щелочности.

В качестве моющих присадок широко используют соли сульфо- и алкилсалициловых кислот, а также алкилфеноляты и фосфонаты металлов.

Сульфонатные присадки

Сульфонатные присадки выпускают на основе нефтяного и синтетического сырья.

Нефтяные сульфонаты получают на основе специально подготовленных дистиллятных или (и) остаточных масляных фракций селективной очистки. При изготовлении синтетических сульфонатных присадок в качестве сырья используют алкилбензолы или алкилтолуолы, полученные на основе олигомеров этилена или пропилена, а также алкилнафталины и полиолефины. Сульфирущими агентами

в основном являются серная кислота, олеум или газообразный триоксид серы.

Сульфонатные присадки в основном представляют собой соли кальция или (и) магния, реже применяются соли натрия, бария и цинка. В зависимости от содержания металла в сульфонатных присадках их подразделяют на нейтральные, средне- и высокощелочные. Средне- и высокощелочные сульфонатные присадки содержат в своем составе дисперсию карбонатов и гидроксидов металлов, стабилизированную сульфонатом металла. Получение стабильных систем сульфонатных присадок в маслах связано с особенностями подбора сырья, сульфирующего агента, промоторов, а также технологических приемов при их получении.

В табл. 11.3 приведены характеристики сульфонатных присадок, вырабатываемых некоторыми зарубежными фирмами.

11.3. Характеристики сульфонатных присадок, произаодимых зарубежными фирмами

Показатели	Exxon Chem, (США)		Ethyl (США)		BP, Adibis (Англия)	
	Paranox 26	Paranox 24	Hitec 611	Hitec 614	ADX 3000	ADX 450
Плотность, кг/м^3	-	-	1120	940	1140	980
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм^2/с	-	-	35	18	-	-
Массовая доля, %:						
серы	-	-	-	-	1,45	2,6
кальция	12	3	11,9	2,6	11,5	2,75
сульфатной золы	-	-	-	-	-	9,35
Щелочное число, мг КОН/г	300	20	310	28	300	24
Температура вспышки, °С	-	-	-	-	150	150

Показатели	Lubrizol (США)		Chevron (США)		Mixoil (Италия)	
	LZ 72	LZ 52	OLOA-247B	OLOA-246B	MX 3250	MX 3280
Плотность, кг/м^3	-	-	1140	943	1100	952
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм^2/с	-	-	88	35	236	27,4
Массовая доля, %:						
серы	-	-	2,4	3,0	-	-
кальция	11,7	2,9	11,4	2,35	9,5	2,45
сульфатной золы	-	-	38,8	8	31,5	-
Щелочное число, мг КОН/г	300	24	285	17	255	8,4
Температура вспышки, °С	-	-	-	-	-	-

11.4. Характеристики сульфонатных присадок отечественного производства

Показатели	КНД		С-150		НСК
	Марка А	Марка В	Марка А	Марка В	
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с, не более	80	80	50	80	60
Щелочное число, мг КОН/г	120-150	120-150	120-150	120-150	30
Массовая доля, %:					
сульфоната кальция, не ниже	28	28	28	28	26
сульфатной золы	17-24	17-24	17-24	17-24	>3
механических примесей, не более	0,08	0,1	0,08	0,1	0,1
воды, не более	0.12	0,15	0,12	0,15	0,15
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	185	185	180	180	180
Степень чистоты, мг/100 г присадки, не более	-	-	2600	5000	-
Растворимость в масле	Полная				

В России и странах СНГ вырабатывают сульфонатные присадки КНД, С-150, НСК (табл. 11.4).

КНД (ТУ 38.101283–89) представляет собой коллоидную дисперсию карбоната кальция в масле М-14, стабилизированную сульфонатом кальция. Улучшает моющие и нейтрализующие свойства масел, добавляется в количестве 1,5–5,0 % (мас. доля).

С-150 (ТУ 38.101685–84) —коллоидная дисперсия карбоната кальция в масле И-20А, стабилизированная сульфонатом кальция. Изготавливают присадку С-150 двух марок — А и В. Присадка улучшает моющие и нейтрализующие свойства моторных масел, применяется в концентрации 1,5–5,0 % (мас. доля).

НСК (ТУ 38.401907–92) является нейтральным сульфонатом кальция, растворенным в масле. Получают на основе специально подготовленных масляных фракций. Вырабатывают с содержанием активного вещества — сульфоната кальция 38-45 % (мас. доля).

Алкилфенольные присадки

Алкилфенольные присадки являются наиболее распространенным и широко применяемым типом детергентно-диспергирующих

присадок. Это обусловлено большим спектром их эксплуатационных свойств и доступностью исходного сырья. Разнообразие эксплуатационных свойств присадок достигается введением в их состав различных функциональных групп. Помимо моющего действия алкилфенольные присадки могут обладать антиокислительным и противоизносным действием.

Отечественный ассортимент алкилфенольных присадок ограничивается присадками с низким щелочным числом, с пониженной влагостойкостью и низким содержанием элементов.

Для повышения качества моторных масел перед изготовителями присадок была поставлена задача создания алкилфенольных присадок с повышенной щелочностью, но при этом без значительного увеличения зольности. Эта задача была решена путем введения новых технологических приемов и замены бария на кальций — разработана присадка ВНИИНП-714.

В табл. 11.5 приведен ассортимент алкилфенольных присадок, вырабатываемых ведущими фирмами, а в табл. 11.6 — свойства отечественных присадок.

ЦИАТИМ-339 (ТУ 38.101917–82) является одной из старейших присадок, вырабатываемых промышленностью. Представляет собой дисульфидалкилфенолят бария, полученный путем взаимодействия алкилфенола с монохлористой серой с дальнейшей нейтрализацией гидроксидом бария. Улучшает моющие и антикоррозионные свойства моторных масел. Применяют в концентрации 3–6 % (мас. доля).

11.5. Алкилфенольные присадки зарубежных фирм

Показатели	Lubrizol (США)	Chevron (США)		Exxon Chem (США)	BP, Adibis (Англия)		Texaco (США)
	LZ 6500	DLDA-218A	DLDA-219	Paranox 52	ADX 400	ADX 402	TLA 327
Плотность, кг/м³	-	1010	1090	-	1010	1100	-
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	48	33	260	-	-	-	-
Массовая доля, %:							
серы	2,7	3,4	3,5	2,9	3,5	3,5	2,7
кальция	7,4	5,25	9,25	9,0	5,25	9,25	6.8
сульфатной золы	24,4	17,6	31,4	-	17,9	31,5	-
Щелочное число, мг КОН/г	210	147	255	240	145	259	185
Температура вспышки в открытом тигле, °С	170	-	160	-	150	150	-

11.6. Характеристики отечественных алкилфенольных присадок

Показатели	ЦИАТИМ-339	ВНИИНП-360	Ферад	ВНИИНП-714	МАСМА-1603
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	15-25	13,0-20,0	≥15	≤150	≤200
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	30	50	90	140	50
Массовая доля, %:					
золы	9,0-11,0	13,5-17,0	17-19	≤21	-
серы	4,0-4,5	≥1,4		3,0-5,0	3,0-5,0
воды, не более	0,08	0,1	0,1	0,1	-
механических примесей, не более	0,1	0,08	0,08	0,08	0,08
бария, не менее	5,0	7,8	8,0	-	-
цинка, не менее	-	0,6	-	-	-
фосфора, не менее	-	0,8	-	-	-
хлора, не более	0,2	-	-	-	-
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	-	150	-	170	170
Степень чистоты, мг/100 г присадки, не более	800	-	-	-	-
Цвет (разбавление), ед. ЦНТ, не более	7 (3:97)	6 (15:85)	7	-	-
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования масла с 3% (мас. доля) присадки, 40 ч	-	-	-	Выдерживает	-
Коррозионность масла, г/м², не более	15	8,0	15	-	-
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,5	-	1,5	-	-

ВНИИНП-360 (ТУ 38.1011249–89) — продукт взаимодействия алкилфенолята бария (присадка ВНИИНП-350) и диалкилфенилдитиофосфата цинка (присадка ВНИИНП-354) в соотношении 2,5:1,0 в определенных технологических условиях. Применяют в моторных маслах старого поколения в концентрации 3,5–6,0 % (мас. доля), придавая им моющие, антикоррозионные и противоизносные свойства.

Ферад (ТУ Уз.39.3-143–96) представляет собой карбонатированный алкилфенолят бария. Находит применение при производстве смазочных масел в Узбекистане.

ВНИИНП-714 (ТУ 0257-007-11246224–96) является средне-щелочной алкилфенольной присадкой нового поколения, получается путем карбонатации сульфидалкилфенолята кальция в регламентированных условиях. Представляет собой коллоидную дисперсию карбоната кальция, стабилизированную сульфиддиалкилфенолятом кальция. Присадка ВНИИНП-714 обладает нейтрализующим и антиокислительным действием. Применяют в составе моторных масел.

МАСМА-1603 (ТУ 38.601-07-34–96) представляет собой раствор осерненного алкилфенола (смеси кальциевых солей сульфидалкилфенола и этиленгликоля) в дистиллятном минеральном масле. Предназначена для улучшения антиокислительных, моющих и противоизносных свойств масел.

Производство низкощелочных алкилфенольных присадок в последнее время значительно снизилось, так как они не находят широкого применения. Планируется начать производство присадок с повышенным щелочным числом — до 250–280 мг КОН/г присадки.

Алкилсалицилатные присадки

В составе моторных масел алкилсалицилатным присадкам отводится значительное место. Обеспечивая высокие моющие свойства, они обладают антиокислительным, антикоррозионным и антифрикционным действием.

Вследствие сложности получения алкилсалицилатных присадок они вырабатываются в ограниченном объеме. Ведущим зарубежным изготовителем указанных присадок является фирма Shell (табл. 11.7).

Алкилсалицилатные присадки представляют собой соли алкилсалициловых кислот, в основном соли кальция. Их изготавливают на основе алкилфенола, полученного алкилированием фенола альфаолефинами.

11.7. Алкилсалицилатные присадки фирмы Shell

Показатели	SAP 001 (AC 60C)	SAP 002	SAP 005	SAP 007
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	23	16	20	65
Щелочное число, мг КОН/г	168	70	280	345
Массовая доля, %:				
минерального масла	40	50	45	40
кальция (магния)	6,0	2,5	10,0	(7,4)
Температура вспышки в открытом тигле, °С	178	-	-	-
Сульфатная зола, % (мас. доля)	20,4	7,8	34,0	37,0

Примечание. Фирма Osca (Япония) вырабатывает алкилсалицилатную присадку 405 Osca.

29 - - 1890

Отечественной промышленностью вырабатываются алкилсалицилатные присадки (табл. 11.8), указанные ниже.

Детерсол Д-50 (ТУ 38.601-13-071–92) — концентрат алкилсалицилата кальция в минеральном масле. Присадка обеспечивает моторным маслам антиокислительные свойства при концентрации 0,5 % (мас. доля), а при концентрации более 2 % (мас. доля) придает маслам и моющие свойства. Основными стадиями получения присадки являются: получение алкилфенолята натрия, карбоксилирование, получение алкилсалициловых кислот и нейтрализация гидроксидом кальция с последующим отделением механических примесей.

Детерсол Д-140 и Д-180 (ТУ 38.601-13-071–92) являются растворами карбонатированного алкилсалицилата кальция в масле. При получении указанных присадок алкилсалицилат кальция подвергается обработке газообразным диоксидом углерода в присутствии промотора и избыточного (против стехиометрии) количества гидроксида кальция.

11.8. Характеристики отечественных алкилсалицилатных присадок

Показатели	Д-50	Д-140	Д-180	Д-300	Комплексал-100
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	35	35	60	100	35
Общее щелочное число, мг КОН/г	50-70	135-170	155-200	280-320	100-135
Массовая доля, %:					
сульфатной золы, не более	8,5	21,0	24,5	39	20
активного вещества (алкилсалицилата кальция и карбоната кальция), не менее	30	35	45	30*	40
механических примесей, не более	0,08	0,08	0,08	0.08	0,1
воды, не более	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	195	195	190	185	195
Индукционный период осадкообразования в приборе ДК-2 масла М-11 с присадкой, ч, не менее:					
с 6 % (мас. доля) присадки	-	-	50	50	50
с 9 % (мас. доля) присадки	50	50	-	-	-
Моющие свойства по ПЗВ масла М-11, баллы, не более:					
с 2,0 % (мас. доля) присадки	1,0	1,0	-	-	1,0
с 2,5 % (мас. доля) присадки	-	-	1,0	1,0	-
Коксуемость на плите, баллы, не более	-	1,0	1,0	1,0	1,0

* Массовая доля алкилсалицилата кальция

В зависимости от условий получения выпускают среднещелочные алкилсалицилатные присадки Детерсол Д-140 или Д-180 Присадки применяются в моторных маслах различного назначения и придают им моющие, нейтрализующие и антиокислительные свойства.

Детерсол-300 (ТУ 38.301-13-079–94) — сверхщелочная алкилсалицилатная присадка. Представляет собой стабильную дисперсию карбонатированного алкилсалицилата кальция в масле М-16. Присадку Детерсол-300 получают на основе алкилфенола, изготовляемого путем алкилирования фенола олигомерами этилена C_{16}-C_{18}. Предназначена для улучшения нейтрализующих, моющих и антиокиолительных свойств моторных масел групп Г, Д и Е.

Комплексал-100 (ТУ 38.601-13-073–92) является щелочной кальциевой присадкой, полученной на основе смеси алкилсалициловых и сульфокислот. Присадка обладает моющими, диспергирующими и антиокислительными свойствами. Применяют в моторных маслах групп Г, Д и Е.

Беззольные диспергирущие присадки

К беззольным диспергигрующим присадкам относят сукцинимиды, высокомолекулярные основания Манниха, полиэфиры, алкенилированные полиамины и др. Наибольшее применение находят сукцинимиды и высокомолекулярные основания Манниха.

Сукцинимидные присадки получают конденсацией полиолефинов (преимущественно полиизобутиленов молекулярной массой 1000-2500) или их галогенпроизводных с малеиновым ангидридом и дальнейшей обработкой полученных производных янтарного ангидрида аминами различного состава и строения. Но предпочтение отдается полиалкиленполиаминам.

Характеристика некоторых сукцинимидных присадок зарубежных фирм приведена в табл. 11.9.

Высокомолекулярные основания Манниха получают конденсацией алкилзамещенного фенола (с алкилполиальфаолефином молекулярной массой 1000-1500) с полиаминами в присутствии альдегида, в основном, формальдегида.

11.9. Беззольные диспергирующие сукцинимидные присадки

Показатели	Lubrizol (США)		Ethyl (США)		Chevron (США)	Shell (Англия)
	LZ 894	LZ 890	Hitec 644	Hitec 646	OLOA-1200	SAP 220
Плотность, кг/м³	935	930	925	920	910	910
Температура вспышки в открытом тигле, °С	>180	>180	200	190	190	230
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	310	270	280	420	75	80
Массовая доля азота, %	1,8	1,06	2,0	1,8	2,1	1,35
Щелочное число, мг КОН/г	25	6	44	43	44	25

Беззольные диспергирующие присадки (табл. 11.10) обладают способностью поддерживать во взвешенном состоянии твердые частицы, образующиеся в процессе окисления масла. При их применении в маслах уменьшается нагарообразование и образование низкотемпературных отложений. Указанный эффект этого типа присадок достигается особенностью их строения — наличием в их молекулах олефиновой части — длинного углеводородного радикала, обеспечивающего растворимость присадки в масле, и полярной части — остатка полиалкиленполиамина.

С-5А (ТУ 38.101146—77) представляет собой 40—50 %-ный концентрат алкилсукцинимида в масле и непрореагировавшем полибутене. Технология изготовления присадки включает две основные стадии: получение алкенилянтарного ангидрида взаимодействием полибутена с малеиновым ангидридом и получение целевого продукта — алкенилсукцинимида из алкенилянтарного ангидрида и полиамина. Присадка обладает высокими диспергирующими свойствами; применяют в моторных маслах различных групп.

Днепрол (ТУ 38.УССР 201348—84) — высокомолекулярное основание Манниха, модифицированное борной и олеиновой кислотами. По сравнению с присадкой С-5А присадка более термостабильна, в связи с чем рекомендуется к применению в

11.10. Характеристики беззольных диспергирующих присадок

Показатели	Сукцинимидная С-5А марки			СД-73	Днепрол	ЭПОЛ
	А	Б	В			
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с, не более	420	300	300	300-450	150-300	150-300
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	30	27	20	35	17	В пределах 16-20
Кислотное число, мг КОН/г, не более	4,0	4,0	4,0	4,0	-	4,0
Массовая доля, %:						
азота, не менее	1,7	1,5	1,4	1,7	1,0	1,1
механических примесей, не более	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
воды, не более	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
активного вещества, не менее	50	42	40	45	40	40
свободных полиаминов, не более	0,6	0,6	0,8	-	-	Отсутствие
Коррозионность базового масла М-11 (ТУ 38.101523-80) с 1,5 % (мас. доля) испытуемой присадки и 1,2 % (мас. доля) присадки ДФ-11, г/м², не более	10	10	10	10	-	-
Моющие свойства по ПЗВ базового масла с 1.5 % (мас. доля) присадки и 1,2 % (мас. доля) присадки ДФ-11, баллы, не более	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	180	180	160	180	182	160
Степень чистоты, мг/100 г присадки, не более	400	400	400	-	-	400
Цвет, ед. ЦНТ, при разбавлении 15:85, не более	6,0	6,0	6,0	-	-	-

маслах, работающих при более жестких режимах. Однако она несколько уступает присадке С-5А по диспергирующему действию.

СД-73 (ТУ 025715-41480236-001—98) представляет собой концентрат смеси моно-и бис-алкилсукцинимидов в масле. Присадка обладает высокими диспергирующими свойствами в широком интервале температур. Применяется в моторных и других маслах.

ЭПОЛ (ТУ 0257-009-00151911—94) представляет собой 40—50 %-ный концентрат алкенилсукцинимида в нефтяном масле и

непрореагировавшем полибутене. Предназначена для улучшения диспергирующих свойств смазочных материалов, в частности, гидравлических масел и огнестойких эмульсионных гидравлических жидкостей.

Присадка ЭПОЛ выдерживает испытание на коррозионное воздействие.

Присадки, улучшающие смазывающие свойства масел

Одним из наиболее экономически выгодных путей увеличения долговечности узлов трения в различных машинах и механизмах является повышение качества смазочных материалов, в первую очередь, их смазывающих свойств, достигаемое в основном путем введения в них противоизносных, противозадирных и антифрикционных присадок.

Введение названных присадок в смазочные масла позволяет удовлетворить два основных требования техники:

повышение срока службы (надежности) машин и механизмов;

сохранение энергии топлива, так как около 30 % энергии, вырабатываемой в промышленных странах мира, в конечном счете расходуется на трение.

Исходя из предъявляемых требований к минеральным маслам по смазывающим свойствам, широкое применение находят присадки:

противоизносные — на основе дитиофосфорных кислот — зольные и беззольные;

противозадирные — серосодержащие углеводороды различного строения;

антифрикционные — беззольные соединения, содержащие активные полярные группы, маслорастворимые молибден- и борсодержащие продукты, а также неорганические дисперсии, содержащие молибден, графит, бор и др.

В отечественной практике в моторных маслах в качестве противоизносных применяют присадки ДФ-11, ДФБ, А-22 и ВНИИНП-354 (см. параграф «Антиокислительные присадки»).

Характеристики присадок, улучшающих смазывающие свойства масел, приведены в табл. 11.11.

ЭФО (ТУ 38.1011210—89) — цинкобариевая соль изобутилового эфира арилдитиофосфоновой кислоты. Используют в качестве противоизносной присадки в тракторных трансмиссионных маслах. Присадка ЭФО обладает также антиокислительным действием. Применяют в маслах в концентрации 5—6 % (мас. доля).

БМА-5 (ТУ 38.101150—88) — беззольная противоизносная присадка, представляющая собой тиоэфир диалкилдитиофосфорной кислоты. Применяют в составе моторных масел.

АДТФ (ТУ 38.101105—84) является 50 %-ным раствором смеси аминной соли и амида диалкилдитиофосфорной кислоты в масле. Улучшает противоизносные и антифрикционные свойства трансмиссионных и индустриальных масел.

11.11. Характеристики присадок, улучшающих смазывающие свойства масел

Показатели	ЭФО	БМА-5	АДТФ	ИХП-14М	ТОС	ВИГОС
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	≤ 50	1-3	-	2,8-3,4	≥ 4,5	≤8
Массовая доля, %:						
фосфора, не менее	1,4	7,5	3,3	-	-	-
серы, не менее	-	-	-	27-31	21	40
азота, не менее	-	-	2,0	6,6-6,9	-	-
механических примесей, не более	0,15	0,05	0,08	0,05	0,04	0,05
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	180	140	100	125	≥ 110	≥ 100
Смазывающие свойства на ЧШМ базового масла с присадкой:						
массовая доля присадки, %	5,0	1,1	0,25	5,5	5,0	4,5
критическая нагрузка, Н, не менее	-	-	-	100	89	-
нагрузка сваривания, Н, не менее	-	-	-	400	400	422
индекс задира, не менее	-	-	-	55	52	57
показатель износа (196Н), мм, не более	0,4	0,6	0,6	-	-	-

Примечание. Для присадки Экомин С определяется снижение коэффициента трения на машине трения СМЦ-2 (СМТ-1); массовая доля: молибдена не менее 0,8 %; механических примесей не более 0,1 %.

Автопрепарат Экомин-С (ТУ 38.401912—92) является маслорастворимым молибденсодержащим производным диалкилдитиофосфорной кислоты. Применяют в моторных и трансмиссионных маслах с целью продления срока службы деталей двигателя и трансмиссии и снижения расхода топлива благодаря улучшению смазывающих (противоизносных и антифрикционных) свойств масел.

ИХП-14М (ТУ 38.401-58-59—93) представляет собой серуазотсодержащее соединение — производное диалкилдитиокарбамата. Улучшает противозадирные свойства трансмиссионных масел.

ТОС (ТУ 38.401860—91) является диалкилсульфидом. Получают путем осернения тетрамеров пропилена элементарной серой. Повышает противозадирные свойства трансмиссионных и индустриальных масел.

ВИГОС (ТУ 38.4011058—97) представляет собой высокосернистый продукт, полученный путем реакции изобутилена с сероводородом и серой при высоком давлении. Можно применять в трансмиссионных и индустриальных маслах различного назначения.

МКФ-18 (ТУ 38.1011127—87) — концентрат медьсодержащей присадки, представляет собой 50 %-ный раствор медьсодержащего продукта в нефтяном масле и предназначен для уменьшения потерь на трение и снижения износа в технологическом оборудовании предприятий бытового обслуживания и бытовых машин (табл. 11.12).

МКФ-18Х (ТУ 38.1011239—89) — 50 %-ный раствор медьсодержащего продукта в нефтяном масле и предназначен для приработки и снижения износа узлов трения компрессоров бытовых холодильных машин, работающих на фрионах (табл. 11.12).

ЛКФ-85 (ТУ 38.401-58-103—92) — раствор высокомолекулярного полиизобутилена в нефтяном масле. Применяют для улучшения липкости смазочных масел для направляющих скольжения, редукторов и перфораторов, а также противотуманных свойств масел и смазочно-охлаждающих технологических средств.

11.12. Характеристики присадок МКФ-18 и МКФ-18Х

Показатели	МКФ-18	МКФ-18Х
Массовая доля, %:		
механических примесей, не более	0,1	0,1
меди	3,6-4,4	3,6-4,4
Кислотное число, мг КОН/г	45-55	45-60
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	190	174
застывания, не выше	-9	-9
Водорастворимые кислоты и щелочи	Отсутствие	

Характеристика присадки ЛКФ-85:

Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	130-340
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,15
Температура, °С:	
вспышки в открытом тигле, не ниже	180
застывания, не выше	-13
Массовая доля, %:	
полиизобутилена	2,8-3,2
механических примесей, не более	0,06
воды	Отсутствие
Цвет, ед. ЦНТ, не более	4,5
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	890

Депрессорные присадки

Способность масел сохранять подвижность при пониженных температурах определяется их химическим составом. Наличие высококипящих веществ, в первую очередь, парафиновых углеводородов с прямой цепью обусловливает застывание масел при понижении температуры. Подвижность масла теряется вследствие образования кристаллической структуры твердых углеводородов масла. Понизить температуру застывания масел наряду с удалением высокоплавких углеводородов технологическими приемами можно введением в них депрессорных присадок. При этом снижение температуры застывания достигается благодаря модифицированию кристаллической структуры твердых углеводородов с сохранением подвижности масла.

Депрессорный эффект, оцениваемый разностью температур застывания масла без добавления и с добавлением депрессорной присадки, зависит как от химического состава масла, так и от характера депрессора.

В качестве депрессорных широко применяют присадки, имеющие длинные алкильные цепи прямолинейного строения (табл. 11.13). К ним относят, в частности, продукты алкилирования фенолов и нафталинов хлорированным парафином с числом углеродных атомов более 20, некоторые полимеры эфиров и др.

Депрессатор АзНИИ (ОСТ 38.176—74) — продукт алкилирования нафталина хлорированным парафином в присутствии хлорида

алюминия. Применяют в моторных, трансмиссионных и гидравлических маслах в концентрациях до 0,5 % (мас. доля).

АзНИИ-ЦИАТИМ-1 — продукт взаимодействия дисульфида алкилфенола с гидроксидом бария (алкилфенол получают алкилированием фенола хлорированным парафином в присутствии хлорида алюминия). Применяют в моторных и трансмиссионных маслах в концентрации 1 % (мас. доля).

АФК (ГОСТ 12261—87) — продукт взаимодействия алкилфенола с гидроксидом кальция. Применяют аналогично присадке АзНИИ-ЦИАТИМ-1.

Вышеуказанные присадки подлежат замене на более современные присадки аналогичного действия.

11.13. Характеристики депрессорных присадок

Показатели	Депрессатор АзНИИ	АзНИИ-ЦИАТИМ-1	АФК	Депресал	ПМА «Д»
Внешний вид	Жидкость темно-коричневого цвета				Прозрачная вязкая жидкость
Кинематическая вязкость при 50 °С (100 °С), мм²/с	-	(32-60)	(≥8,5)	(10-40)	750-1300
Массовая доля, %:					
бария	-	≥2,0	-	-	-
серы	-	3,0-4,5	-	-	-
хлора	-	≤2,0	≤1,6	-	-
золы	≤0,09	4,0-5,5	0,6-1,0	-	-
механических примесей	≤0,08	≤0,15	≤0,15	≤0,08	-
воды	Отсутствие	≤0,2	≤0,15	-	-
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	220	160	-	190	165
Кислотное число, мг КОН/г, не более	-	0,5	0,3	-	-

Примечание. Для присадки ПМА «Д» массовая доля активного вещества — 30-40 %, нерастворимых в толуоле примесей — 0,07 %; для присадки АзНИИ содержание водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие.

Снижение температуры застывания для присадки: АзНИИ при содержании 0,1 % (мас. доля) в масле АК-15 — не менее 10 °С, АФК при содержании 1 % (мас. доля) в масле И-40А — не менее 15 °С.

Температура застывания масла И-20А (с исходной твмпературой застывания не выше — 15 °С) при добавлении 0,5 % (в пересчете на 100 %-ную) присадки ПМА «Д» — не выше -38 °С; температура застывания масла М-11 с 1 % присадки Депресал — не выше -30 °С.

ПМА «Д» (ТУ 6-01-270—84, литер А) — 30—40 %-ный раствор в масле И-20А полимеров эфиров метакриловой кислоты и синтетических жирных первичных спиртов типа Альфол фракции C_{12}-C_{18}. Как депрессатор используют в моторных, трансмиссионных гидравлических и других маслах в концентрациях до 1 % (мас. доля). Присадка обладает также загущающими свойствами, ее применяют в широком ассортименте масел для повышения вязкости и индекса вязкости.

Депресал (ТУ 38.5901172—92, литер А) — модифицированный продукт алкилирования фенола хлорпарафинами. Применяют аналогично присадке АФК.

Вязкостные присадки

Вязкостные (загущающие) присадки предназначены для повышения вязкости и индекса вязкости масел. Высокоиндексные всесезонные зимние и северные моторные масла получают, в основном, путем загущения маловязких нефтяных базовых масел полимерными и сополимерными присадками. Их использование позволяет получить масла, обладающие пологой вязкостно-температурной кривой. Загущающие присадки в сочетании с присадками, улучшающими смазочные свойства, позволяют создавать энергосберегающие масла. В России в качестве товарных вязкостных присадок используют полиметакрилаты. Другие присадки вязкостного типа имеют незначительное применение.

За рубежом ассортимент вязкостных присадок значительно шире и включает сополимеры стирола с диеновыми углеводородами (изопреном или бутадиеном), сополимерами этилена с пропиленом и с высшими олефинами, эфиры одно- и многоосновных кислот.

Характеристики отечественных вязкостных присадок приведены в табл. 11.14.

Вязкостные присадки **КП-5, КП-10, КП-20** (ТУ 38.101209—90) являются продуктами полимеризации изобутилена, средняя молекулярная масса присадок от 4000 до 25000; применяют в виде масляных растворов:

присадка КП-5 — раствор полиизобутилена средней молекулярной массы 4000—6000 в трансформаторном масле;

присадка КП-10 — раствор полиизобутилена средней молекулярной массы 9000—15000 в масле И-12А;

11.14. Характеристика вязкостных присадок

Показатели	КП-5	КП-10	КП-20	ПМА«В-1»	ПМА«В-2»	Дизакрил
Внешний вид	Вязкая маслянистая липкая жидкость светло-коричневого цвета			Прозрачная вязкая жидкость		Однородный прозрачный вязкий продукт
Массовая доля, %: активного вещества	≥65	≥30	≥25	58-65	-	30-36
нерастворимых в толуоле примесей, *не более*	-	-	-	*0,08*	*0,07*	*0,10*
Молекулярная масса активного вещества	4000-6000	9000-15000	15000-25000	3000-4300	12000-17000	-
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре: 100°С	250-1000	450-1000	-	200-320	-	-
50°С	-	-	-	1100-1700	1100-1700	1100-1700
Температура вспышки, °С, не ниже	150	165	165	155	160	160

присадка КП-20 — раствор полиизобутилена средней молекулярной массы 15000—25000 в масле И-12А.

Присадки типа полиизобутилена могут применяться в растворе и других масел при получении загущенных моторных, индустриальных, редукторных масел и гидравлических жидкостей.

Присадки типа полиметакрилатов **ПМА «В-1», ПМА «В-2», Дизакрил** представляют собой масляные растворы эфиров метакриловой кислоты и смеси синтетических первичных жирных спиртов фракции C_7-C_{12} (присадка ПМА «В-1» по ТУ 6-01-979—95) или спиртов C_8-C_{10} (присадки ПМА «В-2» по ТУ 6-01-692—97 и Дизакрил по ТУ 38.401-58-27—91).

ПМА «В-2» — 30—35 %-ный раствор полиметакрилатов в масле И-20А. Применяют в моторных маслах и рабочих жидкостях в концентрации до 6 % (мас. доля). По сравнению с ПМА «В-1» обладает лучшей загущающей способностью, но уступает по стабильности к механической деструкции.

ВИНИПОЛ ВБ-2 (ТУ 6-01-13-21—90) представляет собой полимер винил-н-бутилового эфира и предназначена в качестве загущающей присадки в производстве гидравлических, компрессорных и других масел.

Антипенные присадки

Современные смазочные масла содержат комплекс присадок различного функционального действия, что способствует повышенному пенообразованию в процессе эксплуатации масел, а также в процессе заполнения заправочных емкостей. Известны случаи выброса смазочных масел. Для предотвращения образования пены или ускорения ее разрушения в масла вводят антипенные присадки — различные соединения: эфиры и соли жирных кислот, фосфорсодержащие соединения, фторированные углеводороды, силоксановые полимеры. Последние наиболее часто применяются в маслах, хотя и имеют определенные недостатки: ограниченную растворимость и нестабильность в кислой среде.

Функциональное действие антипенных присадок связывают со снижением поверхностного натяжения на границе раздела жидкости и воздуха.

Ниже приведена характеристика антипенной присадки полиметилсилоксана **ПМС-200А** (ОСТ 6-02-20—79):

Внешний вид .... Бесцветная маслянистая жидкость
Вязкость при 100 °С, мм²/с 40-350
Массовая доля, %:
кремния 36-39
механических примесей .... Отсутствие
Температура вспышки в открытом тигле, °С 290

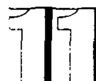
Присадку применяют в маслах в концентрации 0,001—0,005 % (мас. доля).

Пакеты присадок

Пакеты присадок для автомобильных смазочных масел представляют собой хорошо сбалансированную смесь химических соединений, т.е. присадок различного состава и действия, что обеспечивает необходимые эксплуатационные характеристики масел различных классов.

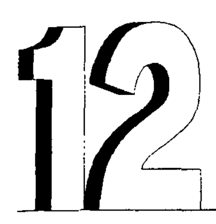
Современные пакеты присадок содержат до 15 компонентов и вводятся в масла до 12 % (мас. доля), загущающие присадки вводятся дополнительно.

В табл. 11.15 приведена характеристика некоторых типов пакетов присадок, промышленное производство которых начато в 1997-98 гг.



11.15. Характеристики пакетов присадок

Показатели	СамОйл 7311 марки		СамОйл 7321	ВДС-941Н	К-47	К-48
	А	В				
Кинематическая вязкость при температуре 100 °С, мм²/с, не более	80	80	80	30	25	200
Общее щелочное число, мг КОН/г присадки, не менее	75	55	В пределах 130-170	70	200	108
Массовая доля активных элементов, %, не менее:						
кальция	2,5	2,0	4,30	3,1	7,2	3,2
цинка	1,0	1,1	1,05	0,6	2,5	2,6
фосфора	-	-	0,95	0,6	2,2	2,3
бора	-	-	-	-	0,012	0,012
Массовая доля, %, не более:						
механических примесей	0,08	0,08	0,1	0,1	0,1	0,1
воды	0,15	0,15	0,15	0,1	Следы	Следы
сульфатной золы	15	12	20	11-15	35	30
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	180	180	185	165	170	150



НЕФТЯНЫЕ РАСТВОРИТЕЛИ, АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ, КЕРОСИНЫ

Нефтяные растворители

Нефтяные растворители применяют в различных отраслях промышленности для растворения и экстракции органических соединений. Основной объем растворителей поставляют для нужд резиновой, лакокрасочной, лесохимической, маслоэкстракционной промышленности, а также для мойки и обезжиривания металлических поверхностей.

Нефтяные растворители подразделяют на низкокипящие (бензиновые), выкипающие при температуре до 150 °С (их маркируют индексом Б), и высококипящие (керосиновые), выкипающие при температуре более 150 °С (их маркируют индексом К). В зависимости от углеводородного состава растворителя, исходного сырья и технологии получения нефтяные растворители подразделяют на следующие группы:

П — парафиновые, содержащие более 50 % (мас. доля) нормальных парафиновых углеводородов;

И — изопарафиновые, содержащие более 50 % (мас. доля) изопарафиновых углеводородов;

Н — нафтеновые, содержащие более 50 % (мас. доля) нафтеновых углеводородов;

А — ароматические, содержащие более 50 % (мас. доля) ароматических углеводородов;

С — смешанные, содержащие не более 50 % (мас. доля) углеводородов каждой из групп.

В зависимости от содержания ароматических углеводородов группы нефтяных рас-

творителей (кроме ароматических) делят на подгруппы со следующими обозначениями:

Номер подгруппы	0	1	2	3	4	5
Содержание ароматических углеводородов, % (мас. доля)	<0,1	0.1-0,5	0,5-2,5	2,5-5,0	5-25	25-50

В условное обозначение растворителя, выпускаемого промышленностью, входят следующие данные: сокращенное название — нефрас, затем обозначение группы, номер подгруппы и пределы выкипания продукта, записанные через дробь. За нижний предел выкипания принимают температуру начала кипения, за верхний — конечную температуру, установленную техническими требованиями на соответствующий растворитель. Например, нефтяной парафиновый растворитель с содержанием ароматических углеводородов от 2,5 до 5,0 % и выкипающий в пределах температур 30–80 °С обозначают: нефрас-П3-30/80.

В табл. 12.1 приведены обозначения и наименования некоторых нефтяных растворителей.

12.1. Условные обозначения и наименования растворителей

Наименование нефтяных растворителей	Обозначение
Бензин-растворитель для резиновой промышленности	Нефрас-С2-80/120 Нефрас-С3-80/120
Растворитель для технических целей	Нефрас-С-50/170
Бензин-растворитель для лакокрасочной промышленности (уайт-спирит)	Нефрас-С4-155/200
Сольвент нефтяной	Нефрас-А-130/150
Сольвент нефтяной тяжелый	Нефрас-А-120/200
Бензин экстракционный прямогонный	Нефрас-С3-70/95
Бензин экстракционный	Нефрас-С2-70/85
Бензин-растворитель для лесотехнической промышленности	Нефрас-С3-105/130
Фракция петролейного эфира	Нефрас-П4-30/80
Гептан-растворитель	Нефрас-С3-94/99
Заменитель уайт-спирита	Нефрас-С4-150/200
Гексановые растворители	Нефрас-П1-65/75 Нефрас-П1-63/75 Нефрас-П1-65/70
Технологический растворитель для процесса «Алфол»	Нефрас-Н2-220/300
Растворитель для бытовых инсектицидов	Нефрас-И2-190/320
Нефтяной ароматический растворитель	Нефрас-А-150/330

Важнейшими эксплуатационными свойствами нефтяных растворителей являются:

способность растворять органические соединения;

способность удалять органические загрязнения с поверхности металлов;

способность быстро испаряться;

способность к минимальному образованию отложений своих компонентов;

коррозионная агрессивность (определяется наличием в растворителях сернистых соединений);

стабильность качества нефтяных растворителей, которая характеризуется их гарантийным сроком хранения;

степень токсичности растворителей, характеризующая их воздействие на человека и окружающую среду.

Наибольшее практическое применение нашли растворители нефрас-А-63/75, нефрас-А-65/75, нефрас-С2-80/120 и нефрас-С3-80/120.

Нефрас-А-63/75, нефрас-А-65/75 (ОСТ 3801199—80) являются узкой гексановой фракцией деароматизованного бензина каталитического риформинга (табл. 12.2). Применяют в производстве полиэтилена низкого давления, синтетических каучуков, в легкой

12.2. Характеристики нефтяных растворителей (ОСТ 3801199-80)

Показатели	Нефрас-А-65/75	Нефрас-А-63/75
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	685	685
Фракционный состав:		
начало кипения, °С, не ниже	65	63
48 % (об.) перегоняется при температуре, °С, не выше	75	75
остаток, %, не более	1.0	1,0
Бромное число, г/100 см³, не более	0,04	0,06
Массовая доля, %, не более:		
серы	0,0004	0,0005
ароматических углеводородов	0,4	0,5
нафтеновых углеводородов:		
метилциклопентана и циклогексана	18	18
циклогексана	1,5	1,5

Примечание. Для марок нефрас-А-65/75 и нефрас-А-63/75 содержание механических примесей, водорастворимых кислот и щелочей, окисленных примесей, экстрагируемых водой, — отсутствие.

30 · · 1890

12.3. Характеристики нефтяных растворителей (ТУ 38.401-67-108–92)

Показатели	Нефрас-С2-80/120 категории		Нефрас-С3-80/120
	высшей	первой	
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	700	730	730
Фракционный состав:			
начало кипения, °С	80	80	80
до 100 °С перегоняется, % (об.), не менее	98	93	93
до 120 °С перегоняется, % (об.), не менее	-	98	98
остаток, %, не более	1,0	1,5	1,5
Бромное число, г/100 см³, не более	0,08	0,09	0,09
Массовая доля, %, не более			
ароматических углеводородов	1,5	2,5	3,0
общей серы	0,018	0,02	0,02

Примечание. Для всех марок: содержание меркаптановой серы, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды — отсутствие; испытание на образование масляного пятна — выдерживают.

промышленности, при первичной обработке шерсти, в микробиологической промышленности в процессе экстракционной очистки белково-витаминного конденсата, в пищевой промышленности для экстракции пищевых жиров.

Нефрас-С2-80/120, нефрас-С3-80/120 (ТУ 38.401-67-108–92). Первый представляет собой легкокипящую фракцию деароматизованного бензина каталитического риформинга, второй является бензином прямой перегонки малосернистых нефтей. Оба растворителя широко применяют в резиновой промышленности (табл. 12.3).

Ароматические углеводороды нефтяного происхождения

Нефтяной бензол (ГОСТ 9572–93) получают в процессе каталитического риформинга бензиновых фракций, а также при пиролизе нефтяного сырья. Представляет собой прозрачную, бесцветную, летучую легкоподвижную жидкость со специфическим запахом. Используют в качестве сырья для производства синтетических волокон, пластических масс, синтетических каучуков, красителей и других продуктов.

В зависимости от назначения и технологии производства выпускают нефтяные бензолы высшей очистки, для синтеза и очи-

щенный (табл. 12.4). Реакция водной вытяжки бензола должна быть нейтральной. Во всех марках нормируется отсутствие сероводорода и меркаптанов; внешний вид — прозрачная жидкость, не содержащая посторонних примесей и воды, не темнее раствора 0,003 г $K_2Cr_2O_7$ в 1 дм³ воды.

Бензол относится к числу токсичных продуктов второго класса опасности; температура вспышки в закрытом тигле минус 12 °С, температура самовоспламенения 562 °С; пределы взрываемости паров бензола с воздухом 1,4–7,1 % (об.), ПДК паров бензола в воздухе 5,0 мг/м³.

Нефтяной ксилол (ГОСТ 9410–78) представляет собой смесь трех изомеров ксилола (орто-, мета- и пара) и этилбензола, получаемую в процессе ароматизации нефтяных фракций и предназначенную для выделения отдельных изомеров, а также используемую в качестве растворителя. Выпускают нефтяной ксилол марок А и Б (табл. 12.5).

Нефтяной ксилол — прозрачная жидкость без посторонних примесей и воды, не темнее раствора 0,003 г $K_2Cr_2O_7$ в 1 дм³ воды. Реакция водной вытяжки — нейтральная. В нем нормируется отсутствие сероводорода и меркаптанов; испаряется без остатка.

о-Ксилол, *п*-Ксилол являются прозрачными легкоподвижными жидкостями (табл. 12.6).

12.4. Характеристики бензолов

Показатели	Высшей очистки	Очищенный	Для синтеза	
			высшего сорта	первого сорта
Плотность при 20 °С, кг/м³	878-880	878-880	878-880	877-880
Пределы перегонки 95 %, °С, не более (температура кипения чистого бензола 80,1 °С)	-	-	0,6	0,6
Температура кристаллизации, °С, не ниже	5,40	5,40	5,35	5,30
Массовая доля, %,:				
основного вещества, не менее	99,9	99,8	99,7	99,5
примесей, не более:				
н-гептана	0,01	0,06	0,06	-
метилциклогексана с толуолом	0,05	0,09	0,13	-
метилциклопентана	0,02	0,04	0,08	-
толуола	-	0.03	-	-
общей серы, не более	0,00005	0,0001	0,0001	0,00015
Окраска серной кислоты в номерах образцовой шкалы, не более	0,1	0,1	0,1	0,15

12.5. Характеристики ксилолов

Показатели	А	Б
Плотность при 20 °С, кг/м³	862-868	860-870
Пределы перегонки, °С		
температура начала перегонки, не ниже	137,5	137,0
98 % (об.) перегоняется при температуре, не выше	141,2	143,0
95 % (об.) перегоняется при температуре, не выше	3,0	4,5
Массовая доля основного вещества (ароматических углеводородов C_8H_{10}), %, не менее	99,6	Не определяется
Окраска серной кислоты, номер образцовой шкалы, не более	0,3	0,5
Температура вспышки, °С, не ниже	23	23

***о*-Ксилол** (ТУ 38.101254—72)получают из смеси нефтяных ксилолов методом четкой ректификации и применяют в основном для производства фталевого ангидрида. Относится к горючим продуктам второго класса; температура кипения 144 °С, самовоспламенения 595 °С; температурные пределы воспламенения 24—55 °С, пределы взрываемости паров с воздухом 5—7,6 % (об.). ПДК паров в воздухе 50 мг/м³.

***п*-Ксилол** (ТУ 38.101255—72) получают методом низкотемпературной кристаллизации из технического нефтяного ксилола и используют преимущественно для получения диметилтерефталата.

12.6. Характеристики *о*- и *п*-Ксилолов

Показатели	*о*-Ксилол			*п*-Ксилол	
	первый сорт	чистый	технический	высшей категории качества	высший
Фракционный состав: от 5 до 95 % (об.) выкипает в пределах, °С	0,5	0,6	0,7	0,4	0,6
Температура кристаллизации, °С, не ниже	-25,6	-26,0	-26,3	13,0	12,9
Содержание:					
основного вещества, % (мол.), не менее	98,9	97,8	97,1	99,3	99,1
сульфируемых веществ, % (об.), не менее	100	99,5	99,5	-	-
Бромное число, г/100 см³, не более	0,20	0,20	0,20	0,12	0,20

Имеет характерный запах. Температуры: кипения 138,5 °С, вспышки в закрытом тигле 26 °С, самовоспламенения 595 °С; температурные пределы воспламенения 24—55 °С. Пределы взрываемости паров с воздухом 3,0—7,6 % (об.). ПДК паров составляет 60 мг/м³.

Нефтяной толуол (ГОСТ 17410—78) получают в процессе каталитического риформинга бензиновых фракций и при пиролизе нефтяных продуктов. Используют в качестве сырья для органического синтеза, высокооктановых добавок к моторным топливам, растворителя и в других целях. Представляет собой прозрачную бесцветную легкоподвижную жидкость, не содержащую посторонних примесей и воды, не темнее раствора $K_2Cr_2O_7$ концентрации 0,003 г/дм³. Реакция водной вытяжки нейтральная, испаряется без остатка, испытания на медной пластинке выдерживает.

Толуол (табл. 12.7) относится к числу токсичных продуктов второго класса опасности. Температура вспышки в закрытом тигле составляет 4 °С, температура самовоспламенения 536 °С; пределы взрываемости паров в смеси с воздухом 1,3—6,7 % (об.). ПДК паров в воздухе 50 мг/л.

Нефтяной псевдокумол (ТУ 38.102118—78) получают ректификацией смеси ароматических углеводородов с ядром C_6. Используют в качестве сырья для нефтехимического синтеза. Представляет собой бесцветную прозрачную жидкость с характерным запахом. Псевдокумол (табл. 12.8) относится к легковоспламеняющимся горючим веществам. Температура вспышки в закрытом тигле 34 °С, пределы

12.7. Характеристики нефтяного толуола

Показатели	Нормы для толуола категории качества	
	высшей	первой
Плотность при 20 °С, кг/м³	865-867	864-867
Пределы перегонки, °С:		
98 % (об.) перегоняется в пределах температур	0,7	0,8
Массовая доля, %:		
толуола, не менее	99,75	99,6
примесей, не более:	0,25	0,4
неароматических углеводородов	0,10	0,20
бензола	0,10	0,15
ароматических углеводородов	0,05	0,05
общей серы, не более	0,00015	-
Окраска серной кислоты, номер образцовой шкалы, не более	0,15	0,20

12.8. Характеристика псевдокумола

Показатели	Высший сорт	«Чистый» сорт
Фракционный состав:		
от 5 до 95 % (об.) выкипает в пределах температур, °С, не более	0,6	0,8
Массовая доля, %, не менее:		
основного вещества	98,5	98,0
сульфируемых веществ	100	99,8
Бромное число, г/100 см³, не более	0,2	0,3

температуры воспламенения 31–71 °С, температура самовоспламенения 500 °С. ПДК паров в воздухе составляет 50 мг/л.

Керосины

Осветительный керосин (ТУ 38.401-58-10–90) получают из дистиллятов прямой перегонки нефти; дистилляты перегонки сернистых нефтей подвергают гидроочистке. Предназначен для использования в бытовых нагревательных и осветительных приборах. В керосинах ограничивается содержание тяжелых фракций, ухудшающих процесс их горения. На эксплуатационные свойства керосинов существенно влияет содержание ароматических углеводородов: с уменьшением их содержания возрастает интенсивность свечения пламени и теплотворная способность керосинов. Поэтому керосины классифицируют в зависимости от высоты некоптящего пламени — показателя, зависящего от содержания ароматических углеводородов. Выпускают три марки осветительных керосинов (табл. 12.9).

Керосин относится к легковоспламеняющимся продуктам: температура вспышки в открытом тигле 57 °С, температура самовоспламененяя 216 °С, температурные пределы воспламенения 35–75 °С, пределы взрываемостя паров 1,4-7,5 % (об.). ПДК керосина в воздухе 300 мг/м³.

Приборный лигроин (ТУ 38.401-58-9–90) представляет собой фракцию прямой перегонки нефти. Применяют в приборостроении в качестве наполнителя жидкостных приборов.

Лигроин (табл. 12.10) — легковоспламеняющаяся прозрачная бесцветная или светло-желтая жидкость, выкипающая в пределах 120–240 °С; температура самовоспламенения 380 °С, вспышки 10 °С; температурные пределы воспламенения от 2 до 34 °С. ПДК паров в воздухе 300 мг/л.

12.9. Характеристики осветительного керосина

Показатели	КО-30	КО-25	КО-20
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	790	795	830
Фракционный состав.			
до 200 (270) °С перегоняется, % (об.), не менее	25	50	(80)
98 % (об.) перегоняется при температуре, °С, не выше	-	-	310
конец кипения, °С, не выше	280	290	-
Цвет, ед. КНС, не более	1	2	15
Высота некоптящего пламени, мм, не менее	30	25	20
Температура помутнения, °С, не выше	-15	-15	-12
Кислотность, мг КОН/100 см³, не выше	1,0	1,0	1,3
Зольность, %, не выше	0,002	0,002	0.005
Массовая доля серы, %, не более	0,02	0,015	0,1

Примечание. Для всех марок: содержание водорастворимых кислот, щелочей, механических примесей и воды — отсутствие; испытание на медной пластинке — выдерживают.

12.10. Характеристики приборного лигроина

Показатели	Норма
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	785-795
Фракционный состав:	
начало кипения, °С, не ниже	120
конец кипения, °С, не выше	235
остаток в колбе после перегонки, %. не более	1
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:	
20 °С, не менее	1,1
-50 °С, не более	6,5
Кислотность, мг КОН/100 см³, не более	0,3
Температура помутнения, °С, не выше	-60
Йодное число, г I_2/100 г	0,3
Массовая доля серы, %, не более	0.02

Примечание. Содержание водорастворимых кислот, щелочей, механических примесей и воды — отсутствие; испытание на медной пластинке выдерживает.

13 ТВЕРДЫЕ НЕФТЕПРОДУКТЫ

Парафины

Парафины представляют собой смесь твердых углеводородов метанового ряда преимущественно нормального строения с 18–35 атомами углерода в молекуле и температурой плавления 45–65 °С. В парафинах обычно содержится некоторое количество изопарафиновых углеводородов, а также углеводородов с ароматическим или нафтеновым ядром в молекуле.

Парафин — вещество белого цвета кристаллического строения с молекулярной массой 300–450, в расплавленном состоянии обладает малой вязкостью. Величина и форма кристаллов парафина зависят от условий его выделения: из нефти парафин выделяется в виде мелких тонких кристаллов, а из нефтяных дистиллятов и дистиллятных рафинатов селективной очистки — в виде крупных кристаллов. При быстром охлаждении выделяемые кристаллы мельче, чем при медленном.

Парафины инертны к большинству химических реагентов. Они окисляются азотной кислотой, кислородом воздуха (при 140 °С) и некоторыми другими окислителями с образованием различных жирных кислот, аналогичных жирным кислотам, содержащимся в жирах растительного и животного происхождения. Синтетические жирные кислоты, получаемые окислением парафина, применяют вместо жиров растительного и животного происхождения в парфюмерной промышленности, при производстве смазок, моющих средств и других продуктов.

Парафин реагирует с хлором с образованием хлорпроизводных парафинов, являющихся сырьем для производства присадок к маслам.

Получают парафины преимущественно путем депарафинизации и обезмасливания дистиллятного масляного сырья с использованием кетон-ароматических растворителей. В меньших масштабах твердые парафины производят обезмасливанием без растворителей — фильтр-прессованием охлажденного сырья с последующим потением полученного гача. Для получения товарных продуктов обезмасленные парафины подвергают очистке: сернокислотной, контактной, перколяционной, гидрогенизационной.

Твердые нефтяные парафины изготовляют по ГОСТ 23683–89. По степени очистки их подразделяют на высокоочищенные (марки П и В) и очищенные (марки Т и С).

В зависимости от степени очистки и области применения устанавливают следующие марки твердых парафинов:

П-1 — высокоочищенный парафин, применяют при изготовлении тары и упаковочных материалов жесткой конструкции, клеев и расплавов, имеющих соприкосновение с пищевыми продуктами и применяемых при повышенных температурах, косметических препаратов и в фармацевтической промышленности;

П-2 — высокоочищенный парафин, применяют для пропитки и покрытия гибкой упаковки пищевых продуктов, сохраняющей эластичность при пониженных температурах, а также в качестве компонентов сплавов для покрытия деревянных, бетонных, металлических емкостей, предназначенных для хранения пищевых продуктов, в производстве различных восковых составов, изделий медицинской техники и косметических препаратов;

$В_2$, $В_3$, $В_4$, $В_5$ — высокоочищенные, глубокообезмасленные парафины, применяют в различных отраслях промышленности, где предъявляются особые требования к чистоте изделий;

Т-1, Т-2, Т-3, С — очищенные парафины технического назначения, применяют в качестве сырьевых материалов в различных отраслях промышленности:

Т-1 — для изготовления товаров бытовой химии, в частности свечей, и в других отраслях народного хозяйства;

Т-2 — в химической, нефтехимической промышленности и в других отраслях народного хозяйства;

Т-3 — для пропитки и покрытий технических сортов бумаги, картона, текстиля, деревянных и металических поверхностей и др.;

С — в нефтехимической промышленности для производства синтетических жирных кислот.

Твердые нефтяные парафины являются горючими веществами с температурой вспышки не ниже 160 °С и температурой самовоспламенения не ниже 300 °С.

Характеристики нефтяных парафинов приведены в табл. 13.1.

Церезины

Церезины представляют собой смесь парафиновых углеводородов изомерного и нормального строения с числом атомов углерода в молекуле в основном от 36 до 55. В своем составе содержат также парафино-нафтеновые и парафино-нафтено-ароматические углеводороды.

Церезины — вещества с мелкокристаллической структурой, температурой каплепадения 55—100 °С (может быть и выше) и молекулярной массой 500—700. В отличие от парафинов церезины обладают большей вязкостью и способностью эффективно загущать масло. При добавлении церезина в парафины улучшаются загущающие свойства последних, что позволяет использовать смеси в производстве смазок, вазелинов, кремов, копировальной бумаги, как изоляционный материал в электро- и радиотехнике и гальванопластике, для предохранения от разъедания емкостей кислотами и щелочами.

Устойчивость к химическим реагентам у церезина ниже, чем у парафина.

Церезины изготовляют путем обезмасливания и очистки петролатумов, природных озокеритов и парафинистой пробки. Получают церезины также синтезом оксида углерода и водорода.

Нефтяные церезины (ТУ 38.401218—94) получают путем обезмасливания петролатумов от депарафинизации остаточных рафинатов. Применяют для приготовления смазок, восковых составов, а после доочистки — и церезинов по ГОСТ 2488—79. В зависимости от температуры каплепадения установлены три марки нефтяных церезинов (табл. 13.2).

Церезин (ГОСТ 2488—79) получают путем переработки и очистки озокеритов, нефтяных неочищенных церезинов и парафинистой пробки или их смеси в любом соотношении. Предназначен для получения смазок, восковых сплавов, изоляционных материалов и продукции предприятий электронной промышленности. В зависимости от температуры каплепадения и области применения установлены пять марок церезина: 65, 70, 75, 80, 80э. Церезин марки 80э предназначен для предприятий электронной промышленности.

13.1. Характеристики твердых нефтяных парвфинов

Показатели	П-1	П-2	$В_2$	$В_3$	$В_4$	$В_5$	Т-1	Т-2	Т-3	С
Внешний вид	Кристаллическая масса белого цвета						Кристаллическая масса белого цвета, допускаются оттенки серого или желтого			
Температура плавления, °С	≥54	≥52	52-54	54-56	56-58	58-62	52-58	52-56	50-56	45-52
Массовая доля масла, %, не более	0,45	0,80	0,45	0,45	0,45	0,45	1,80	2,30	3,00	2,20
Цвет, условные марки, не более	3	4	3	3	3	3	11	12	12	12
Запах	Отсутствие						-	-	-	-
Содержание бенз-альфа-пирена	Отсутствие		-	-	-	-	-	-	-	-
Пенетрация иглой при 25°С, единицы, не более	-	-	16	14	13	12	-	-	-	-
Массовая доля, %, не более:										
воды	Отсутствие						-	-	0,2	0,2
серы	Отсутствие	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05
Содержание:										
фенола, фурфурола	Отсутствие		-	-	-	-	-	-	-	Отсутствие
механических примесей	Отсутствие									
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие								-	Отсутствие

Примечание. Для марки С фракционный состав: 5 % выкипает при температуре не ниже 320 °С; до 400 °С перегоняется не менее 60 %; до 425 °С перегоняется не менее 80 %; 97 % перегоняется при температуре не выше 460 °С; температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, не ниже 160 °С.

13.2. Характеристики нефтяных церезинов

Показатели	65Н	70Н	80Н
Температура каплепадения, °С	65-70	70-75	80-85
Пенетрация иглой при 25 °С, 0,1 мм, не более	30	25	12
Массовая доля, %, не более:			
механических примесей	0,1	0,1	0,1
воды	0,3	0,3	0,3
золы	0,03	0,03	0,3
серы	0,4	0,4	0,3
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,1	0,1	0,1

Примечание. Для церезинов всех марок: внешний вид — однородная масса без заметных механических примесей от светло-желтого до темно-коричневого цвета; содержание водорастворимых кислот, щелочей и фенола — отсутствие; испытание коррозионного воздействия на металлы — выдерживают.

Синтетический высокоплавкий церезин (ГОСТ 7658–74) представляет собой смесь твердых углеводородов метанового ряда преимущественно нормального строения, получаемых синтезом окиси углерода и водорода; применяют в электронной промышленности, в восковых составах для литья по выплавляемым моделям, в датчиках терморегуляторов двигателей внутреннего сгорания, в качестве загустителей смазок и других продуктов.

Церезиновая композиция (ГОСТ 3677–76) — сплав церезина и парафина. Применяют при изготовлении мастик, свечей, для пропитки бумаги и других целей.

Характеристики церезинов и церезиновой композиции приведены в табл. 13.3.

Вазелины

Вазелины представляют собой смеси парафина, церезина, петролатума и минерального масла. Получают расплавлением парафина, церезина, петролатума или их смесей в масле или парафинистом дистилляте. Применяют в медицине, ветеринарии и электротехнике. По внешнему виду вазелины — однородные мазеобразные вещества со следующими особенностями: медицинский — от белого до желтого цвета, без запаха, тянется нитями; ветеринарный — от белого до светло-

13.3. Характеристики церезинов и церезиновой композиции

Показатели	Церезин						Церезиновая композиция
	65	70	75	80	80э	синтетический	
Внешний вид	Однородная масса без заметных посторонних включений от светло-желтого до темно-желтого цвета				Однородная масса от белого до светло-желтого цвета	Однородная масса светло-желтого цвета	-
Температура каплепадения, °С	65-70	70-75	75-80	80-85	80-85	≥100	56-66
Пенетрация иглой при 25 °С, 0,1 мм, не более	30	25	18	16	16	4	25
Массовая доля, %, не более:							
механических примесей	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
воды	Отсутствие						
золы	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	-
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,17	-
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие						
Цвет, ед. ЦНТ, не более	5	5	5	5	2	-	-

Примечание. Для марки 80э: удельное объемное электрическое сопротивление при 100 °С не менее $1\cdot10^{13}$ Ом·см; тангенс угла диэлектрических потерь при 100 °С и частоте 1000 Гц не более 0,003; электрическая прочность при 100 °С и частоте 50 Гц не менее 20 кВ/мм; коррозионное воздействие на медную пластину — выдерживает.

коричневого цвета, без комков; конденсаторный — от белого до светло-желтого цвета. Характеристики вазелинов приведены в табл. 13.4.

Медицинский вазелин (ГОСТ 3582—84) получают сплавлением очищенного церезина, парафина, петролатума или их смесей с глубокоочищенным нефтяным маслом. Применяют в чистом виде для предохранения от коррозии хирургических инструментов, а также в качестве составной части кремов, паст, мазей для кожи, гримов, помад и других продуктов.

Ветеринарный вазелин (ГОСТ 13037—84) получают сплавлением в любых соотношениях церезина, парафина, очищенного петролатума или их смесей с очищенным нефтяным маслом. Применяют для смазывания вымени, искусственного осеменения животных.

Пробу на отсутствие воды и посторонних веществ, запаха керосина, жиров и смол, сернистых соединений, а также пробу на безвредность для спермиев животных выдерживает.

13.4. Характеристики вазелинов

Показатели	Вазелин		
	медицинский	ветеринарный	конденсаторный
Температура каплепадения, °С	37-50	37-50	50-60
Вязкость при 60°С:			
кинематическая, $м^2/с$, не менее	$16\cdot10^{-6}$	-	$28\cdot10^{-6}$
условная, условные градусы, не менее	2,5	-	3,95
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,1	0,1	0,05
Массовая доля золы, %, не более	0,02	0,01	0,004
Содержание:			
воды	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
механических примесей	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
сернистых соединений	Отсутствие	-	-
жиров и смол	Отсутствие	-	-
Проба на присутствие органических примесей	Выдерживает	-	-
Растворимость:			
в хлороформе	Трудно растворим	-	-
в эфире	Мало растворим	-	-
в этиловом спирте	Практически не растворим	-	-
Цвет, ед. ЦНТ, не более	-	-	2,5

Конденсаторный вазелин (ГОСТ 5774—76) — продукт глубокой сернокислотно-контактной очистки смеси парафина, церезина и минерального масла. Применяют для пропитки и заливки конденсаторов.

В связи с этим нормируются его электроизоляционные характеристики: удельное объемное электрическое сопротивление при 100 °С — не менее $1\cdot10^{12}$ Ом·см, электрическая прочность при 50 Гц и 20 °С — не менее 200 кВ/см, тангенс угла диэлектрических потерь при 1000 Гц и 100 °С — не более 0,002.

Петролатум (ТУ 38.401166—90) получают при депарафинизации остаточных масел селективной очистки. Применяют для получения церезина, углеводородных смазок, вазелинов, для сушки древесины и других целей. Разделяют на пять марок в зависимости от перерабатываемого сырья и температуры каплепадения: ПСс — из сернистого сырья; ПС, ПС-55, ПС-60, ПС-65 — из малосернистого. Петролатумы (табл. 13.5) — продукты светло-коричневого цвета с температурой каплепадения от 55 до 70 °С и температурой вспышки 230—255 °С.

13.5. Характеристики петроламутов

Показатели	ПСс	ПС	ПС-55	ПС-60	ПС-65
Цвет	От светло-коричневого до коричневого	Светло-коричневый			
Температура каплепадения, °С	≥55	≥55	55-60	60-65	65-70
Испытание коррозионного воздействия на металлы	Выдерживает				
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05
Массовая доля, %, не более					
механических примесей	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
воды	Следы				
серы	1,0	0,6	0,6	0,6	0,6
Содержание:					
фенола и крезола, $мг/дм^3$, не более	40	Отсутствие			
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие				
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	240	240	240	240	240
Пенетрация конусом, ×0,1 мм, не более	90	70	70	70	70

Воски, восковые композиции и составы

Наряду с парафинами, церезинами, петролатумами и вазелинами к товарным продуктам на базе твердых углеводородов относят также воски и восковые композиции и составы, широко применяемые в различных отраслях промышленности. Получают их путем фракционирования парафинов и церезинов, либо обезмасливанием специально подобранного парафиносодержащего сырья, а также путем компаундирования парафинов, церезинов, петролатумов или их смесей с полимерными, смоляными и другими добавками для усиления или придания композициям определенных функциональных свойств.

К числу таких восковых продуктов относят воски для терморегуляторов, для резин, для покрытия сыров, для литья по выплавляемым моделям, для прессового производства, заливочные и пропарочные массы, защитные восковые и водно-восковые составы различного назначения.

Воски для терморегуляторов

Воски для терморегуляторов — узкие фракции парафинов, церезинов и их смесей — применяют в датчиках температуры, реагирующих на изменение объема воска при его плавлении и кристаллизации.

Синтетический церезин для терморегуляторов (ТУ 38.101261–79) выпускают трех марок. Применяют для терморегуляторов, автоматически регулирующих тепловое состояние двигателей внутреннего сгорания в интервале температур 70...93 °С. Получают путем глубоковакуумного фракционирования синтетического высокоплавкого церезина.

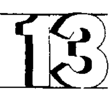
Специальные воски для датчиков температуры (ТУ 38.40102–81) представляют собой специально подобранные смеси твердых углеводородов, получаемых путем глубоковакуумного и холодного фракционирования парафинов и церезинов.

Применяют для терморегуляторов, обеспечивающих автоматическое поддержание заданных температур различных тепловых систем в интервале 15...102 °С.

Характеристики синтетического церезина для терморегуляторов и специальных восков для датчиков температуры приведены в табл. 13.6 и 13.7.

Воски для резин

Эти воски применяют для защиты резин от отрицательных атмосферных воздействий, теплового и светоозонного старения, в качестве мягчителей резин.



13.6. Характеристики синтетического церезина для терморегуляторов

Показатели	Норма для марки I	Норма для марки II	Норма для марки III
Рабочая температура регулирования, °С	70-83	75-88	80-93
Объемное расширение в пределах температур:			
62-72 °С, %, не более	2,5	-	-
73-77 °С, %, не менее	-	1	-
78-82 °С, %, не более	-	-	2,5
72-85 °С, %, не менее	11	-	-
77-90 °С, %, не менее		10,5	
82-95 °С, %, не менее	-	-	10,5
50-68 °С, %, не более	3	-	-
50-73 °С, %, не более	-	4	-
50-78 °С, %, не более	-	-	5
Температура конца рабочей характеристики расширения при нагреве, °С	83	88	93

Примечание. Для всех марок синтетического церезина нормируют: кислотное число — не более 1,1 мг КОН/г; стабильность против окисления: кислотное число после нагревания в течение 100 ч при 120 °С — не более 1,2 мг КОН/г.

В процессе эксплуатации резин как в статически, так и в динамически нагруженном состоянии воски, выпотевая на поверхность резин, препятствуют разрушающему воздействию света и озона, увеличивая срок годности резиновых изделий.

Защитный воск Паралайт-17 (ТУ 38.1011042–85) — композиция церезина 80 с парафином.

Предназначен для защиты резины от атмосферных воздействий при эксплуатации в умеренном и тропическом климате.

Защитный воск ЗВП (ТУ 38.1011290–90) представляет собой фракцию твердых углеводородов, получаемую путем обезмасливания специально подобранной смеси гача и петролатума.

Исспользуется при производстве шин и других резино-технических изделий.

Защитный воск ЗВ-ПФ (ТУ 38.401212–93) — композиция высокоплавкого парафина с церезином.

По эффективности защитного действия и области применения аналогичен защитному воску ЗВП.

Сплав АФ-1 (ТУ 38.101595–81) представляет собой композицию церезинов нефтяного и синтетического с парафином.

31 - - 1890

13.7. Характеристики специальных восков для датчиков температуры

Показатели	Норма для марки												
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	И-1	К	Л	М
Рабочий диапазон регулирования, °С	15-32	18-26	30-42	45-57	60-72	95-107	35-47	50-62	65-77	62-73	55-67	85-97	90-102
Пределы температур, °С, в которых объемное расширение:													
не менее 0,8 %	-	-	-	41-45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
не менее 1 %	11-15	14-18	26-30	-	56-60	91-95	31-35	46-50	61-65	58-62	51-55	81-85	86-90
не менее 5 %	-	18-26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
не менее 6 %	-	-	30-42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
не менее 7 %	15-32	-	-	45-57	60-72	-	35-47	50-62	-	62-73	55-67	-	-
не менее 8 %	-	-	-	-	-	95-107	-	-	65-77	-	-	85-97	90-102
не более 2 %	1-11	4-14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
не более 3 %	-	-	5-26	-	-	-	10-31	-	-	-	-	-	-
не более 5 %	-	-	-	20-41	-	-	-	25-46	-	-	-	60-81	-
не более 5,5 %	-	-	-	-	35-56	70-91	-	-	40-61	37-58	30-51	-	65-86
Температура конца активного расширения, °С, выше которой коэффициент объемного расширения не превышает 0,08 % на 1 °С, с допуском ±2 °С	32	26	42	57	72	107	47	62	77	73	67	97	102
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0.2	0,2	0,2	0,2	0.2	0,2	0.2	0,2
Стабильность против окисления: кислотное число после нагревания в течение 100 ч, мг КОН/г:													
при 120 °С, не более	0,5	0,5	0,5	0,5	-	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5
при 150 °С, не более	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-

13.8. Характеристики восков для резин

Показатели	Защитные воски				Мягчитель ПП
	Паралайт-17	ЗВП	ЗВ-ПФ	АФ-1	
Внешний вид	Однородная масса от светло-желтого до коричневого цвета				-
Температура, °С:					
плавления	60-68	62-67	62-67	-	-
каплепадения	-	-	-	64-73	50
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:					
70 °С	-	-	-	-	13-16
100 °С	4,5-6,5	5,5-7,0	5,5-7,0	5	
Показатель преломления при температуре:					
70 °С	-	1,438-1,442	1,439-1,443	-	-
90 °С	1,4280-1,4325	-	-	-	-
Массовая доля, %:					
воды	Следы				Отсутствие
механических примесей	0,05	Отсутствие		0,03	0,06
водорастворимых кислот и щелочей	-	-	-	Отсутствие	
фракций, выкипающих до 400°С	-	5	5	-	-
фракций, выкипающих до 500°С	-	60	60	-	-
высокоплавких фракций	75	85	80	-	-
масла	4	4	3	-	-
Цвет ед. ЦНТ, не более	5	-	-	-	-

Применяют в производстве резино-технических изделий для защиты их от озонного растрескивания.

Мягчитель ПП для резины (ТУ 38.1011194–82) применяют при изготовлении резин для кабельной промышленности. Получают сплавлением парафина с петролатумом.

Характеристики восков для резин приведены в табл.13.8.

Воски для покрытия сыров

Для защиты твердых сычужных сыров от высыхания и плесневения в период их вызревания и хранения применяют глубокоочищенные воски, допущенные к контактам с пищевыми продуктами.

Восковой сплав СДС-13М для сыров (ТУ 38.101225–94), представляет собой композицию глубокоочищенного нефтяного воска с полимерными добавками. В качестве основы применяют **воск ВН-2**

13.9. Характеристики воска ВН-2 и сплава СДС-13М для покрытия сыров

Показатели	ВН-2	СДС-13М
Внешний вид	Однородная масса от желтого до коричневого цвета	Однородная масса от светло-желтого до темно-желтого, красного цвета
Температура плавления, °С	59-62	55-65
Кинематическая вязкость при 100 °С,мм²/с	7,0-8,5	15-25
Массовая доля масла, %	4,0	-
Пенетрация при 25 °С, ×0,1 мм	20-40	20-40
Показатель преломления при 70 °С	1,4450-1,4485	-
Кислотное число, мг КОН/г	-	0,2
Содержание:		
воды	Следы	Отсутствие
механических примесей, % (мас. доля)	Отсутствие	0,04
бенз-альфа-пирена, мкг/кг, не более	-	10
Пластичность при -5 °С	-	Выдерживает
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	-	200

(ТУ 38.401210–93), который представляет собой фракцию твердых парафиновых углеводородов, выделенных обезмасливанием смеси петролатума и целевого фильтрата, полученного в процессе обезмасливания широкой фракции гача. Для использования в сплаве СДС-13М воск ВН-2 подвергают глубокой очистке (табл. 13.9).

Модельные восковые составы

Модельные восковые составы применяют на предприятиях машиностроения для точного стального литья. Предложено более 200 рецептур восковых составов для стального литья, но практическое использование нашли лишь единицы. Ниже приведена информация по двум модельным восковым составам, по которым организовано централизованное производство (табл. 13.10).

Модельный восковой состав МВС-3А (ТУ 38.101516–76) представляет собой композицию глубокообезмасленного парафина и высокоплавкого нефтяного церезина с полимерной добавкой.

Предназначен для точного стального литья по выплавляемым моделям.

13.10. Характеристики модельных восковых составов

Показатели	МВС-3А	МВС-15
Температура плавления, °С	75-80	75-80
Предел прочности при статическом изгибе при 18-20 °С, МПа, не менее	5,0	4,5
Теплоустойчивость при температуре:		
37 °С	-	Выдерживает
40 °С	Выдерживает	-
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с, не более	10	9

Примечание. Для модельных восковых составов МВС-3А и МВС-15 нормируют: кислотное число — не более 0,5 мг КОН/г; зольность — не более 0,03 %; коксуемость — не более 0,1 %.

Модельный восковой состав МВС-15 (ТУ 38.1011044–85) представляет собой композицию высокоплавкого церезина с техническим парафином и полимерной добавкой.

Предназначен для стального литья по выплавляемым моделям в цехах точного литья заводов тракторного и сельскохозяйственного машиностроения.

Воски для прессового производства

В прессовом производстве машиностроительных предприятий автомобильной и других отраслей промышленности воски используются при изготовлении рабочих моделей и оснастки для штампов и пресс-форм.

Восковой лист ЛК-4С (ТУ 38.101300–81) представляет собой парафино-церезиновую композицию с полимерными добавками и красителем красного цвета.

Предназначен для изготовления модельной оснастки в прессовом производстве.

Выпускают в виде листов (пластин) размером 450×1000×0,8 мм.

Восковой лист ЛЖ-4 (ТУ 38.101452–80) предназначен для изготовления рабочих моделей в прессовом производстве. Имитирует листовой металл разной толщины. Выпускают в виде листов (пластин) размером 305×610×(0,75–3,0) мм.

С одной стороны лист ЛЖ-4 покрыт невысыхающим клеем, что обеспечивает его прилипание к мастер-модели. Для предотвращения слипания восковые листы перекладывают антиадгезионной силиконизированной бумагой, которую перед использованием листов отделяют без нарушения клеевого слоя.

13.11. Характеристики восковых листов ЛК-4С, ЛЖ-4 и восковой пасты ЦСМ-1

Показатели	ЛК-4С	ЛЖ-4*	ЦСМ-1
Размер, мм	450x1000x0,8	305x610x(0,75-3,0)	-
Внешний вид	Лист	Лист	Однородная мазь бледно-желтого цвета
Цвет	Красно-оранжевый	От желтого до коричневого	-
Температура, °С:			
размягчения	60-66	-	-
плавления	-	120-135	-
каплепадения сухого остатка	-	-	93-99
Плотность, ρ_4^{25}, г/см³	-	-	0,77-0,83
Остаток от испарения, %	-	-	37-43
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	15-18	-	-
Испытание на ударную прочность	-	Выдерживает	-

* Лист восковой ЛЖ-4 с одной стороны покрывают невысыхающим клеем ГИПК-225 для обеспечения прилипаемости листов к мастер-модели.

Восковая паста ЦСМ-1 (ТУ 101344—77) представляет собой дисперсию высокоплавкого церезина в смеси скипидара и уайт-спирита.

Применяют в качестве разделительного слоя при изготовлении модельной оснастки прессового производства.

Выпускают упакованной в герметично закрывающихся металлических банках вместимостью до 2000 см³.

Характеристики восковых листов ЛК-4С, ЛЖ-4 и восковой пасты ЦСМ-1 приведены в табл. 13.11.

Пропиточные восковые составы

Эти составы применяют для придания пропитываемым изделиям влагопрочности, огнестойкости, электроизоляционных и бактерицидных свойств (табл. 13.12).

Восковая электроизоляционная композиция ЭВК-4НМу (ТУ 38.1011178—88) — церезино-полимерная композиция с добавлением антипиренов.

Предназначена для пропитки и герметизации телевизионных трансформаторов строчной развертки.



13.12. Характеристики пропиточных восковых составов

Показатели	ЭВК-4НМу	Для проводов и кабелей	Для бумажных патронов
Внешний вид и цвет	Чешуйки или монолит в форме тары от светло-желтого до коричневого цвета	Масса черного цвета	-
Температура каплепадения, °С	105	60-70	45-55
Пенетрация при 25 °С, ×0,1 мм	-	25-45	16-32
Вязкость условная на ВЗ-4, с	15	-	-
Массовая доля, %:			
механических примесей	-	2	0,1
воды		Отсутствие	
водорастворимых кислот и щелочей	-	Отсутствие	Следы кислот
нафтената меди	-	5-10	-
Испытание на невоспламеняемость	Выдерживает	-	-

Нормируются: удельное объемное электрическое сопротивление при 20 °С — не менее $1 \cdot 10^{14}$ Ом·см; тангенс угла диэлектрических потерь при 20 °С и 10^6 Гц — не более 0,003; диэлектрическая проницаемость при 20 °С и 10^6 Гц — не более 2,5.

Пропиточный состав для проводов и кабелей (ТУ 38.1011201—89) представляет собой композицию парафина, нефтяного и синтетического церезинов, петролатума с добавлением битума и антисептика.

Предназначен для пропитки хлопчатобумажной оплетки проводов, кабельной пряжи и кабельной бумаги для предохранения их от гниения.

Пропиточный состав для бумажных патронов (ТУ 38.101533—75) — композиция парафина с сосновой канифолью.

Предназначен для пропитки бумажных патронов, применяемых в текстильной промышленности.

Заливочные и прошпарочные композиции

Эти композиции (табл. 13.13) применяют для герметизации разъемных соединений, заливки кабельных муфт и прошпарки кабельной изоляции.

Заливочный вакуумный состав (ТУ 38.401168—90) — композиция церезина с сосновой канифолью.

13.13. Характеристики заливочных и прошпарочных композиций

Показатели	Заливочный вакуумный состав	Прошпарочная и заливочная массы	
		МКП	МКС-6
Внешний вид	Однородная твердая масса от светло-желтого до коричневого цвета	-	-
Температура каплепадения, °С	≤65	40-55	40-60
Вязкость условная при 140 °С, с	-	≤0,5	-
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	≤ 2	-	-
Содержание:			
воды		Отсутствие	
водорастворимых кислот и щелочей	-	Допускается порозовение водной вытяжки	
Испытание на клеющую способность	Выдерживает	-	-
Усадка массы, % (об.)	-	-	14
Испытание на однородность	-	Выдерживает	

Предназначен для скрепления и герметизации редко разбираемых соединений вакуумных установок.

Прошпарочные и заливочные массы для кабелей связи (ТУ 38.101329—78) представляют собой композиции нефтяных парафинов, индустриального масла и канифоли с добавками или без добавок пчелиного воска и низкомолекулярного полиизобутилена.

Применяют при монтаже кабелей связи (телефон, телеграф, радио). В зависимости от применения устанавливаются две марки: МКП и МКС-6.

Масса МКП предназначена для прошпарки бумажной изоляции жил, ее применяют при монтаже или исправлении повреждений кабеля связи.

Масса МКС-6 предназначена для заливки газонепроницаемых муфт на кабелях с кордельно-бумажной, воздушно-бумажной и хлопчатобумажной изоляцией.

Защитные восковые составы

Защитные восковые составы (табл. 13.14) применяют для защиты изделий машиностроения от коррозии, атмосферных и других воздействий.

13.14. Характеристики защитных восковых составов

Показатели	СФ-ЛП	ПП-95/5	ПЭВ-74
Внешний вид	Однородный сплав без включений от светло-желтого до коричневого цвета	Однородная масса светло-коричневого цвета	Суспензия от белого до светло-желтого цвета
Температура каплепадения, °С	85-95	≥ 57	-
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	20-30	-	-
Вязкость условная на ВЗ-246 (сопло 2), с	-	-	40-60
Неиспаряющийся остаток, %	-	-	13-15
Температура каплепадения неиспаряющегося остатка, °С	-	-	75-78
Испытание коррозионного воздействия на металлы	Выдерживает		-
Пенетрация при 25 °С, ×0,1 мм	≤ 30	-	-
Пластичность пластины из воскового состава	Выдерживает	-	-
Фракционный состав растворителя:			
температура начала перегонки, °С	-	-	≥80
до температуры 110 °С перегоняется, %	-	-	≥98
Содержание, % (мас. доля):			
воды	Отсутствие		
механических примесей	< 0,08	≤ 0,04	Отсутствие
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие		-
Длительность высыхания на воздухе, мин	-	-	≤10

Предохранительный состав ПП 95/5 (ГОСТ 4113—80) представляет собой композицию петролатума с парафином. Предназначен для защиты изделий машиностроения от коррозии.

Защитный восковой состав ПЭВ-74 (ТУ 38.101103—77) — дисперсия церезина в нефтяном растворителе.

Предназначен для защиты от атмосферных воздействий лакокрасочных покрытий автомобилей при их транспортировании и безгаражном хранении.

Флегматизаторный состав СФ-ЛП (ТУ 38.1011046—85) — композиция нефтяного церезина с парафином и полимерными добавками.

Предназначен для изготовления пластинчатых флегматизаторов в диапазоне температур -50...+50 °С.

Водно-восковые составы

Получают диспергированием расплава восков в водном растворе поверхностно-активных веществ (ПАВ) — эмульгаторов воска и стабилизаторов дисперсий.

Водно-восковая дисперсия ВВД-2М (ТУ 38.101676–82) — дисперсия парафина в водном растворе (табл. 13.15).

Предназначена для применения в качестве пластификатора, лубриканта и связки шихты корундовой керамики, используемой для изготовления автотракторных запальных свечей.

Водно-восковой ингибированный состав ИВВС-706М (ТУ 38.1011165–88) представляет собой дисперсию нефтяного воска с добавками ингибиторов коррозии в водном растворе ПАВ (табл. 13.15).

Предназначен для временной консервации от атмосферной коррозии сельскохозяйственных машин, их узлов, деталей, для защиты оборудования и машин, работающих в агрессивных средах животноводческих помещений, дождевальных и поливных машин.

13.15. Характеристики водно-восковой дисперсии ВВД-2М и ингибированного водно-воскового состава ИВВС-706М

Показатели	ВВД-2М	ИВВС-706М
Внешний вид	Однородная жидкость белого цвета без комков	Однородная жидкость без комков от белого до светло-желтого цвета
Содержание сухого остатка, % (мас. доля)	41-46	20-26
Вязкость условная по ВЗ-246 (сопло 2), с, не более	20	30
Водородный показатель, pH	7-9	9-11
Стабильность при центрифугировании	-	Выдерживает
Время до расслоения при центрифугировании, мин	≥20	-
Морозостойкость при -40 °С	-	Выдерживает
Стойкость воскового покрытия при -40 и -70 °С	-	Выдерживает
Стойкость к воздействию щелочей, 0,1Н раствора КОН на 1 мл дисперсии, мл, не менее	10	-
Предел разбавления, число частей воды на одну часть дисперсии, не менее	250	-

Нефтяные битумы

Битум с давних пор является одним из наиболее известных и важных строительных материалов. Благодаря своим адгезионным и гидрофобным свойствам он находит широкое применение в дорожном строительстве, изготовлении кровельных материалов, при строительстве фундаментов зданий и сооружений, прокладке трубопроводов.

Битум представляет собой чрезвычайно сложную смесь углеводородов и гетероорганических соединений разнообразного строения, в основном не выкипающую при температурах перегонки нефти. Идентификация всех составляющих битум соединений невозможна. Но для решения многих задач оказывается достаточным определить содержание отдельных классов или групп веществ. Общепризнанным является разделение веществ по их отношению к растворителям и адсорбентам. В соответствии с этим битум состоит из асфальтенов — соединений, нерастворимых в алканах C_5-C_7, смол — соединений, растворимых в алканах и десорбируемых с поверхности силикагеля бензолом или его смесью со спиртом, но не десорбируемых алканами, и масел — соединений, растворимых в алканах и десорбируемых указанными элюентами. Среди масел различают соединения парафиновой, нафтеновой и ароматической основы.

Групповой состав битума предопределяет его коллоидную структуру и реологическое поведение и тем самым — технические свойства, которые характеризуются условными показателями качества, определяемыми в стандартных условиях. Среди этих показателей важнейшие: *пенетрация* (глубина проникания иглы в битум), *температуры размягчения и хрупкости, дуктильность* (растяжимость) — способность битума растягиваться в нить. Некоторые показатели определяют как для исходного битума, так и для битума после прогрева, который имитирует процесс старения. Стандартами задаются определенные значения показателей качества, что отражает оптимальный состав битума. Этот состав может быть различным для разных областей применения битумов.

Задачей технологии производства битумов является правильный выбор исходной нефти и процессов переработки.

Для производства окисленных дорожных битумов БашНИИНП предложено классифицировать нефти по содержанию (%, мас. доля) в них асфальтенов (А), смол (С) и твердых парафинов (П). Нефть считается пригодной, если выполняется условие

А + С — 2,5П ≥ 0 при А + С > 6.

Предложена также классификационная зависимость, основанная на содержании (%, мас. доля) в нефти общей серы (S) и твердых парафинов и позволяющая не только судить о пригодности нефти для производства дорожных битумов окислением остатка перегонки, но и определять требования к остатку — к температуре (t, °С) начала кипения остатка по ИТК нефти:

$t = 520e^{0,075S}$ при 350 °С < t < 500 °С и П ≥ 1 %.

Малосернистые высокопарафинистые нефти не соответствуют этим условиям, и потому никакие гудроны этих нефтей не могут дать качественных окисленных битумов. При П < 1 требования к глубине перегонки снижаются, и битумы могут быть получены даже из нефтей, практически не содержащих серы.

Вакуумную перегонку мазута используют для получения остаточных битумов или гудрона для последующего окисления воздухом с целью производства окисленных битумов. В процессе деасфальтизации гудрона пропаном получают осажденные битумы, которые могут использоваться как товарный продукт, так и в качестве сырья для последующего окисления.

С углублением перегонки возрастает содержание в остатке асфальтенов и смол и уменьшается содержание масел. В процессе деасфальтизации в асфальте-битуме концентрируются смолисто-асфальтеновые вещества. При этом в масляной части асфальта увеличивается доля ароматических структур. Процесс окисления характеризуется переходом легких ароматических соединений в тяжелые и далее — в смолы и асфальтены.

Увеличение отношения асфальтены : смолы в битуме и уменьшение доли ароматических соединений в масляной части битума приводит к повышению температуры размягчения, увеличению пенетрации при 0 °С и уменьшению дуктильности при 25 °С — для битумов с одинаковой пенетрацией при 25 °С.

С учетом изложенного и общих задач переработки конкретной нефти производят окисленные, остаточные или осажденные битумы. Используется и компаундирование компонентов сырья и битумов.

Отечественной промышленностью вырабатывается широкий ассортимент битумов: дорожных, строительных (индустриальных) и специальных высокоплавких.

Дорожные битумы разделяют на вязкие и жидкие.

Вязкие битумы используют в качестве вяжущего материала при строительстве и ремонте дорожных покрытий. Основное количество таких битумов вырабатывается в России в соответствии с ГОСТ 22245—90, требования которого приведены в табл. 13.16.

В соответствии с ГОСТ 22245-90 вырабатываются вязкие битумы двух типов: БНД и БН. Все битумы маркируются по пенетрации при 25 °С. При равной пенетрации при 25 °С битумы БНД имеют более высокую температуру размягчения, более низкую температуру хрупкости и большие значения пенетрации при 0 °С, чем битумы БН. В то же время для битумов БНД устанавливаются требования по дуктильности при 0 °С, а требования по дуктильности при 25 °С менее строгие в сравнении с битумами БН. Требования к термостабильности битумов БНД более жесткие.

Рекомендации по применению зависят от типа битумов и их пенетрации при 25 °С. В первой дорожно-климатической зоне при среднемесячной температуре наиболее холодного времени года не выше -20 °С рекомендуется использовать битумы БНД 200/300, БНД 130/200, БНД 90/130; во второй и третьей зонах при температуре в пределах -10...-20 °С — битумы БНД 200/300, БНД 130/200, БНД 90/130, БНД 60/90; во второй, третьей и четвертой зонах при температуре —5...-10 °С — битумы БН 200/300, БН 130/200, БН 90/130, БНД 130/200, БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 40/60; в четвертой и пятой климатических зонах при температуре не ниже +5 °С — битумы БН 90/130, БН 60/90, БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 40/60.

Некоторое количество вязких битумов вырабатывается на отдельных заводах по техническим условиям, носящим часто конъюнктурный характер. Однако битумы, вырабатываемые по ТУ 38.1011356—91 (табл. 13.17) пользуются большим спросом инофирм для строительства ответственных объектов как в России, так и за рубежом.

В то же время на российском внутреннем рынке предлагаются и пользуются спросом импортные битумы, вырабатываемые по спецификации Neste (табл. 13.18).

Жидкие битумы предназначены для удлинения сезона дорожного строительства. В соответствии с ГОСТ 11955—82 их получают смешением вязких битумов БНД с дистиллятными фракциями — разжижителями. После укладки покрытия разжижитель постепенно испаряется. Применение жидких дорожных битумов не соответствует современным

13.16. Характеристики вязких дорожных битумов (ГОСТ 22245-90)

Показатели	БНД 200/300	БНД 130/200	БНД 90/130	БНД 60/90	БНД 40/60	БН 200/300	БН 130/200	БН 90/130	БН 60/90
Пенетрация, 0,1 мм, при температуре:									
25 °C	201-300	131-200	91-130	61-90	40-60	201-300	131-200	91-130	60-90
0 °C, не менее	45	35	28	20	13	24	18	15	10
Температура, °C:									
размягчения, не ниже	35	40	43	47	51	33	38	41	45
хрупкости, не выше	-20	-18	-17	-15	-12	-14	-12	-10	-6
вспышки, не ниже	220	220	230	230	230	220	230	240	240
Дуктильность, см, не менее при температуре:									
25 °C	-	70	65	55	45	-	80	80	70
0 °C	20	6,0	4,0	3,5	-	-	-	-	-
Изменение температуры размягчения после прогрева, °C, не более	7	6	5	5	5	8	7	6	6
Индекс пенетрации	От -1,0 до +1,0					От -1,5 до +1,0			



13.17. Характеристики вязких дорожных битумов (ТУ 38.1011356-91)

Показатели	БДУ 130/200	БДУ 100/130	БДУ 70/100	БДУ 50/70
Пенетрация при 25 °C, 0,1 мм	131-200	101-130	71-100	50-70
Температура, °C, не ниже:				
размягчения	40	43	47	51
вспышки	220	230	230	230
Дуктильность при 25 °C, см, не менее	100	100	100	100
После прогрева:				
изменение массы, %, не более	0,3	0,3	0,3	0,3
пенетрация при 25 °C, % от исходной, не менее	50	65	65	60
дуктильность при 25 °C, см, не менее	100	100	100	65
температура хрупкости, °C, не выше	-20	-17	-15	-12

13.18. Характеристики вязких дорожных битумов по спецификациям Neste

Показатели	BIT 500	BIT 200	BIT 120	BIT 80	BIT 65	BIT 45
Пенетрация, 0,1 мм, при температуре:						
25 °C	-	145-210	100-145	70-100	50-70	35-50
15 °C	120-260	-	-	-	-	-
Температура размягчения, °C	31	40	44	48	52	56
Вязкость при 60 °C, Па·с, не менее	12	25	40	80	160	280
Вязкость при 135 °C, мм²/с, не менее	110	135	170	225	280	340
Температура вспышки, °C, не менее	180	200	200	200	230	230
После прогрева:						
потеря массы, %, не более	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
остаточная пенетрация, %, не менее	-	60	65	65	70	75
вязкость при 60 °C, Па·с, не более	100	350	500	800	1300	2000
Температура хрупкости, °C, не более	-22	-16	-14	-12	-10	-5
Дуктильность при 25 °C, см, не менее	100	100	75	50	25	15

требованиям к энергосбережению и защите окружающей среды. Кроме того низкая температура вспышки предопределяет их пожароопасность.

Строительные битумы (табл. 13.19) применяют при выполнении различных строительных работ, в частности для гидроизоляции фундаментов зданий.

Кровельные битумы (табл. 13.20) применяют для производства кровельных материалов. Их разделяют на пропиточные и покровные (соответственно для пропитки основы и получения покровного слоя).

Изоляционные битумы (табл. 13.21) используют для изоляции трубопроводов с целью защиты их от коррозии.

К высокоплавким относят битумы с температурой размягчения выше 100 °С. Такие битумы и маркируют в зависимости от температуры размягчения в отличие от вышеописанных битумов, в основу маркировки которых положена пенетрация при 25 °С. Известно несколько сортов высокоплавких битумов: битумы для аккумуляторных мастик, хрупкие битумы (лаковые), битумы — высокоплавкие размягчители (рубраксы). Все эти битумы получают глубоким окислением остатков перегонки нефти, и поэтому важным для них является показатель растворимости в тех или иных растворителях.

13.19. Характеристики строительных битумов (ГОСТ 6617-76)

Показатели	БН 50/50	БН 70/30	БН 90/10
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	41-60	21-40	5-20
Температура, °С:			
размягчения	50-60	70-80	90-105
вспышки, не ниже	230	240	240
Дуктильность при 25 °С, см, не ниже	40	3,0	1,0

13.20. Характеристики кровельных битумов (ГОСТ 9548-74)

Показатели	БНК 40/180	БНК-45/190	БНК 90/30
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	160-210	160-220	25-35
Температура, °С:			
размягчения	37-44	40-50	80-95
хрупкости, не выше	-	-	-10
После прогрева:			
изменение массы, %, не более	0,8	0,8	0,5
пенетрация при 25 °С, % от исходной, не менее	60	60	70

Примечание. Для всех битумов: температура вспышки не ниже 240 °С; для марки БНК-45/190 массовая доля парафина не более 5 %.



13.21. Характеристики изоляционных битумов (ГОСТ 9812-74)

Показатели	БНИ-IV-3	БНИ-IV	БНИ-V
Пенетрация, 0,1 мм, при температуре:			
25 °С	30-50	25-40	20-40
0 °С, не менее	15	12	9
Температура, °С:			
размягчения	65-75	75-85	90-100
вспышки, не ниже	250	250	240
Дуктильность при 25 °С, см, не менее	4	3	2
Изменение массы после прогрева, %, не более	0,5	0,5	0,5
Массовая доля парафина, %, не более	4	-	-

Ниже приведена характеристика битума для заливочных аккумуляторных мастик по ГОСТ 8771—76:

Температура размягчения, °С 105-115
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм 10-16
Дуктильность при 25 °С, см, не менее 1
Растворимость в толуоле или хлороформе, %, не менее 99,50
Изменение массы после прогрева, %, не более 0,50
Температура вспышки, °С, не ниже 260
Индекс пенетрации, не менее 4

Хрупкие битумы (ГОСТ 21822—87) предназначены для использования в лакокрасочной, шинной и электротехнической промышленности. Битумы, представляющие собой твердое вещество черного цвета без запаха, выпускают двух марок: Б и Г (табл. 13.22).

Битумы - высокоплавкие мягчители (рубраксы) (ГОСТ 781—78) производят для резинотехнической и шинной промышленности. В зависимости от глубины проникновения иглы устанавливаются две марки битума: А-10 и А-30 (табл. 13.23).

13.22. Характеристики хрупких битумов

Показатели	Б	Г
Температура размягчения, °С	100-110	125-135
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм, не более	2-10	0-5
Температура вспышки, °С, не ниже	240	260

Примечание. Для марок Б и Г: массовая доля веществ, нерастворимых в толуоле, не более 0,15 %; зольность не более 0,20 %; растворимость в льняном масле и в смеси битумов с льняным маслом в уайт-спирите — полная.

32 — 1890



13.23. Характеристики высокоплавких мягчителей

Показатели	А-30		А-10	
	Высший сорт	Первый сорт	Высший сорт	Первый сорт
Температура размягчения, °С	125-135	125-135	125-135	125-135
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	30-40	26-40	8-13	5-19
Массовая доля, %, не более:				
золы	0,5	0,5	0,3	0,5
серы	1	-	2	-
парафинов	2	5	3	5
воды	Отсутствие	Следы	Отсутствие	

Примечание. Для марок А-30 и А-10: растворимость в сероуглероде, хлороформе, бензоле или трихлорэтилене — не менее 99 %; изменением массы при нагревании — не более 0,1 %.

Все битумы обычно используют в чистом виде. Однако достаточно часто в битумы вводят компоненты, улучшающие их потребительские свойства. Так, в дорожные битумы перед применением вводят адгезионные добавки, улучшающие сцепление битума с каменным материалом. Для модификации реологических параметров в дорожные и кровельные битумы вводят полимеры разного строения, например, стирол-бутадиен-стирольные каучуки. Смешивая битумы с водой и эмульгаторами, получают битумные эмульсии. Все эти продукты производят обычно по нормативно-технической документации потребителей.

Нефтяные коксы

Нефтяные коксы (углерод нефтяного происхождения) по внешнему виду представляют пористую твердую неплавкую и нерастворимую массу от темно-серого до черного цвета. Состоят из высококонденсированных высокоароматизированных полициклических углеводородов с небольшим содержанием водорода, а также других органических соединений.

Пространственное расположение углерода упорядочено во фрагменты графита, плоскостное расположение атомов углерода, причем расстояние между атомами углерода в плоскости в несколько раз меньше, чем между плоскостями. Степень упорядоченности зависит от сырья и технологии его подготовки. Так, прямогонные тяжелые нефтяные остатки дают малоупорядоченную структуру, а дистиллятные крекинг-остатки — высокоупорядоченную. Степень упорядочения влияет на способность графитации нефтяных коксов и свойства полученного графита.

По способу получения нефтяные коксы можно разделить на коксы, получаемые замедленным коксованием и коксованием в обогреваемых кубах.

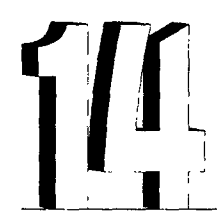
В соответствии с ГОСТ 22898–78 вырабатывают коксы семи марок (табл. 13.24, 13.25).

13.24. Технология изготовления и область применения нефтяных коксов

Марка кокса	Технология изготовления	Область применения
КНПС-СМ	Коксование в кубах смолы пиролиза	Производство углеродных конструкционных материалов специального назначения
КНПС-КМ	То же	Производство углеродных конструкционных материалов
КНГ	Коксование в кубах нефтяных остатков	Производство графитированной продукции
КЗГ	Замедленное коксование (кокс с кусками размером 8...250 мм)	То же
КЗА	То же	Производство алюминия
КНА	Коксование в кубах нефтяных остатков	То же
КЗО	Замедленное коксование (коксовая мелочь с кусками размером до 8 мм)	Производство абразивов и другой продукции

13.25. Характеристики нефтяных коксов (ГОСТ 22898–78)

Показатели	КНПС-СМ	КНПС-КМ	КНГ	КЗГ	КЗА высший сорт	КЗА первый сорт	КНА	КЗО
Массовая доля, %, не более:								
общей влаги	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
летучих веществ	6,0	6,0	8,0	9,0	7,0	9,0	8,0	11,5
серы	0,2	0,4	1,0	1,0	1,2	1,5	1,0	1,5
Зольность, %, не более	0,15	0,3	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,8
Массовая доля мелочи, %, не более:								
куски размером менее 25 мм	4,0	4,0	-	-	-	-	-	-
куски размером менее 8 мм	-	-	10	10	8	10	10	-
Истираемость, %, не более	9,0	11,0	-	-	-	-	-	-
Действительная плотность после прокаливания при 1300 °С в течение 5 ч, г/см³	2,04-2,08	2,04-2,08	2,08-2,13	2,08-2,13	2,10-2,13	2,08-2,13	2,08-2,13	-



ПРОЧИЕ НЕФТЕПРОДУКТЫ

Легкие и средние фракции нефти

Вакуумный газойль (ТУ 38.1011304—90) является прямогонным продуктом, получают при вакуумной перегонке мазутов, предназначен для поставки на экспорт. В зависимости от вязкости вырабатывают две марки газойля: А и Б (табл. 14.1). Вовлечение компонентов деструктивной переработки нефти в вакуумный газойль не допускается.

Термогазойль (ТУ 38.1011254—89) является сырьем для производства технического углерода (сажи). Получается путем термического крекинга каталитических газойлей, экстрактов масляного производства, газойлей термокрекинга и замедленного коксования, а также путем коксования этих продуктов, крекинг остатков и их солей.

Термогазойль выпускается двух марок: А и Б (см. табл. 14.1). Термогазойль марки А является улучшенным и его использование в качестве сырья облегчает процесс получения высококачественного технического углерода.

Бензин для промышленных целей (ТУ 38.401-58-174—96) и **бензин технологический** (ТУ 38.401-58-164—96) получают из различных углеводородных фракций переработки нефти, которые не были вовлечены в производство товарных автомобильных и авиационных бензинов по причине производственных или других факторов. Используют в качестве растворителя (табл. 14.2).

Прямогонный экспортный бензин (ТУ 38 001256—76) получают путем прямой перегонки

14.1. Характеристики вакуумного газойля и термогазойля

Показатели	Вакуумный газойль		Термогазойль	
	А	Б	А	Б
Плотность при 20 °С, кг/м³	870-950	870-950	≥1020	≥1000
Фракционный состав:				
до 350 °С перегоняется, %, не более	-	-	20	20
перегоняется при температуре, °С, не выше:				
50 %	-	-	410	410
90 %	510	510	-	-
Кинематическая вязкость при 50 °С, мм²/с	5,0-25,0	25,1-60,0	≤25,0	≤23,0
Массовая доля, %:				
серы, не более	-	-	3,0	3,0
первого вида	1,0	1,0	-	-
второго вида	2,0	2,0	-	-
воды, не более	-	-	0,2	Следы
механических примесей	-	-	Отсутствие	
Температура застывания, °С, не выше	16	16	25	20
Коксуемость, %, не более:				
вариант 1	0,0005	0,0005	-	-
вариант 2	0,001	0,001	-	-
Индекс корреляции, не менее	-	-	105	95

нефти. Вовлечение компонентов вторичных процессов переработки нефти не допускается. Предназначен для поставки на экспорт (табл. 14.3).

Гексан-гептановая фракция, поставляемая на экспорт (ТУ 38.1011359—91) получается в процессе прямой перегонки нефти путем компаундирования отдельных остаточных фракций (табл. 14.4).

14.2. Характеристики бензина для промышленных целей и технологического бензина

Показатели	Для промышленных целей	Технологический
Плотность при 20 °С, кг/м³	710-780	740-780
Фракционный состав:		
температура начала перегонки бензина, °С, не ниже	30	30
температура конца кипения бензина, °С, не выше	200	200
Кислотное число, мг КОН/100 см³, не более	3,0	3,0
Механические примеси	Отсутствие	

14.3. Характеристики прямогонного экспортного бензина

Показатели	Нормы для марок	
	№1	№2
Плотность при 20 °С, кг/м^3, не более	725	725
Детонационная стойкость: октановое число по моторному методу, не менее	50	54
Фракционный состав:		
температура начала перегонки, °С, не ниже	35	35
10 % перегоняется при температуре, °С, не выше	75	75
50 % перегоняется при температуре, °С, не выше	110	110
90 % перегоняется при температуре, °С, не выше	150	150
конец кипения, °С, не выше	175	175
остаток в колбе, %, не более	1,5	1,5
остаток и потери, %, не более	4,5	4,5
Давление насыщенных паров, мм. рт. ст., не более	500	500
Кислотное число, мг КОН/100 мл бензина, не более	1	1
Содержание фактических смол, мг/100 мл бензина, не более	2	2
Массовая доля серы, %, не более	0,02	0,05
Масовая доля углеводородов, %:		
нафтеновых	12-40	12-40
ароматических, не более	14	10
парафиновых, не менее	55	60

Примечание. Для бензинов марок № 1 и № 2: содержание свинца, водорастворимых кислот и щелочей, воды и механических примесей — отсутствие; испытание на медной пластинке выдерживают.

14.4. Характеристики гексан-гептановой фракции, поставляемой на экспорт

Показатели	Нормы для марок	
	А	Б
Плотность при 20 °С, кг/м^3, не более	700	715
Фракционный состав:		
температура начала перегонки, °С, не ниже	30	30
90% перегоняется при температуре, °С, не выше	110	140
температура конца кипения, °С, не выше	135	180
Массовая доля углеводородов, %, не более:		
ароматических	15,0	15,0
олефиновых	0,50	0,50
Массовая доля общей серы, %, не более	0,050	0,040
Содержание свинца, мг/кг, не более	60,0	0,05
Давление насыщенных паров, мм.рт.ст., не более	700	500

Углеводородная фракция процессов каталитического крекинга (ТУ 38 1011302–90) вырабатывается в процессе каталитического крекинга, фракция выкипает при температуре 160–360 °С. Фракция содержит значительное количество ароматических углеводородов и может быть использована в качестве растворителя тяжелых остаточных компонентов бункерных топлив. Характеристика углеводородной фракции приведена ниже.

Фракционный состав:
- температура начала перегонки, °С, не ниже 160
- перегоняется при температуре, °С, не выше (конец перегонки) 360

Плотность при 20 °С, кг/м^3 850-920
Йодное число, г йода/100г продукта 6–30
Массовая доля серы, % 0,6–2,0
Температура, °С:
- застывания, не выше 0
- вспышки в закрытом тигле, не ниже 55

Углеводородная фракция термодеструктивных процессов (К-4) (ТУ 38.1011303–90) — вырабатывают из побочных продуктов в процессе получения нефтяного кокса и термического крекинга. Продукт поставляют на экспорт (табл. 14.5).

Легкая фракция коксования, поставляемая на экспорт (ТУ 38.1011310–90) — вырабатывают в процессе коксования из побочных продуктов (табл. 14.6).

14.5. Характеристики углеводородной фракции термодеструктивных процессов (К-4)

Показатели	Нормы для марок	
	А	Б
Фракционный состав:		
температура начала кипения , °С	160-200	120-160
перегоняется при температуре (конец перегонки), °С	300-360	300-360
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	45	32
застывания, не выше	-5	-5
Массовая доли серы, %, не более	1,0	1,7
Йодное число, г йода/ 100 г фракции	7-50	7-50

Примечание. Для марок А и Б плотность при 20 °С не нормируется, определение обязательно; содержание водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие.

14.6. Характеристики легкой и газойлевой фракций, поставляемых на экспорт

Показатели	Фракция	
	легкая	газойлевая
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	770	Не нормируется. Определение обязательно
Фракционный состав:		
начало кипения, °С, не ниже	35	-
10 % перегоняется при температуре, °С, не выше	115	-
50 % перегоняется при температуре, °С, не выше	200	290
90 % перегоняется при температуре, °С, не выше	360	360
конец кипения, °С, не выше	400	-
Массовая доля, %, не более:		
серы	0,25	0,6-1,0
меркаптановой серы	0,05	-
воды	0,1	Следы
механических примесей	0,05	Отсутствие
Йодное число, г йода/100 г продукта, не более	100	-
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм²/с	-	3,0-6,0
Температура, °С:		
застывания, не выше	-	0
вспышки в закрытом тигле, не ниже	-	40
Кислотное число, мг КОН/100 см³, не более	-	8,0
Зольность, %, не более	-	0,01
Коксуемость 10 %-ного остатка, %, не более	-	0,2
Испытания на медной пластинке	-	Выдерживает

Газойлевая фракция, поставляемая на экспорт (ТУ 38.401-58-91—94) — продукт прямой перегонки нефти из фракций, которые не могут быть использованы для получения товарных нефтепродуктов (табл. 14.6).

Нефтяная высококипящая фракция (ТУ 38.1011326—90) — продукт переработки нефтяного и газоконденсатного сырья, предназначена для поставки на экспорт (табл. 14.7).

Продукт термодеструктивных процессов переработки тяжелых остатков нефти (К-10) (ТУ 38.1011358—91) является углеводородной фракцией вторичных процессов переработки нефти, выкипающей в пределах 35—195 °С. Плотность при 20 °С не нормируется, определение обязательно. Продукт К-10 предназначен для поставки на экспорт.

14.7. Характеристики нефтяной высококипящей фракции

Показатели	Значение
Фракционный состав:	
перегоняется до 360 °С, %, не более	20
температура конца перегонки, °С	465
Коксуемость, %	0,4-4,5
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	90
Массовая доля, %, не более:	
механических примесей	0,1
воды	0,3
серы	3,0
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	1000

Характеристика продукта К-10 приведена ниже.

Фракционный состав, температура, °С:
- начала кипения, не ниже 35
- конца кипения, не выше 195

Массовая доля серы, %, не более 0,15
Йодное число, г йода/100г продукта, не менее 20
Октановое число по моторному методу, не более 65

Нефтяные кислоты

Нефтяные кислоты получают при очистке светлых и масляных дистиллятов и применяют в качестве эмульгаторов, присадок, растворителей различных смол и анилиновых красителей. В зависимости от сырья и технологии изготовления в соответствии с ГОСТ 13302—77 устанавливают четыре марки нефтяных кислот (табл. 14.8).

Дистиллированные нефтяные кислоты — продукты вакуумной перегонки нефтяных кислот, выделенных из светлых нефтепродуктов. Применяют в лакокрасочной промышленности в качестве сиккативов — ускорителей высыхания лака.

Технические нефтяные кислоты (асидолы А-1, А-2) — продукты разложения натриевых солей нефтяных кислот, полученных при очистке масляных дистиллятов или на базе остатка от дистилляции нефтяных кислот, выделенных из светлых нефтепродуктов. Применяют в качестве эмульгаторов для образования стойких эмульсий, для пропитки шпал в целях предохранения их от гниения, в качестве растворителей различных смол и анилиновых красителей, как сиккативы и в других целях.

14.8. Характеристики нефтяных кислот

Показатели	Дистиллированные нефтяные кислоты	Техническая нефтяная кислота (асидол)		Асидол-мылонафт	Мылонафт
		А-1	А-2		
Внешний вид	Прозрачная однородная жидкость			Жидкость от светло- до темно-коричневого цвета	Мазеобразное вещество коричневого цвета
Массовая доля, %:					
нефтяных кислот, не менее	96	42	50	75	43
минерального масла в пересчете на органические вещества, не более	2,8	57	45	9	9
минеральных солей, не более	-	-	-	1*	2**
воды, не более	-	4	3	-	-
Цвет, ед. ЦНТ, не более	3,5	-	-	-	-
Кислотное число, мг КОН/г	230-260	≤185	210	≥225	220

* В том числе массовая доля сульфонатов 0,7%; хлоридов 0,3%.
** В том числе массовая доля сульфонатов 1%; хлоридов 1%.

Примечание. Допускается по согласованию с потребителем вырабатывать дистиллированные нефтяные кислоты с кислотным числом 230-280 мг КОН/г.

Допускается вырабатывать дистиллированные нефтяные кислоты, используемые в качестве противоизносной присадки к топливам для авиационных и газотурбинных двигателей, с кислотным числом не более 270 мг КОН/г и цветом не более 4,5 единиц ЦНТ.

Асидол-мылонафт — смесь нефтяных кислот и их натриевых солей, получаемая при неполном разложении натриевых солей нефтяных кислот серной кислотой. Применяют в мыловаренном производстве, в текстильной, кожевенной и других отраслях промышленности наряду с мылонафтом.

Мылонафт — натриевые соли нефтяных кислот. Применяют в качестве заменителя жиров при изготовлении мыла, в текстильной промышленности при крашении, в качестве инсекцида и фунгицида, в кожевенной промышленности, в качестве эмульгатора водных эмульсий.

Белые масла

Белые масла — это глубоко деароматизированные, химически инертные нефтепродукты без цвета, запаха и вкуса. Такое качество

масел достигается очень высокой степенью очистки дистиллятов высококачественных нефтей нафтенового или парафинового основания глубоким сульфированием либо жестким гидрированием.

Вазелиновое медицинское масло (ГОСТ 3164–78) — прозрачная жидкость, не флуоресцирующая при дневном свете (табл. 14.9). Применяют для приготовления жидких мазей, иногда в лечебных целях назначают внутрь в чистом виде, используют как растворитель различных препаратов для инъекций и в качестве пеногасителя при производстве пеницилина. Хорошо растворяется в эфире, хлороформе, бензине. В качестве смазочного материала, как правило, не применяют ввиду весьма слабых смазывающих свойств.

Стандарт на вазелиновое медицинское масло предусматривает достаточно жесткие требования по чистоте его от воды, кислот и щелочей, парафина, органических и других примесей. Наряду с указанными в табл. 14.9 показателями качества вазелиновое медицинское масло для электронной промышленности должно обладать рядом электрофизических свойств:

Удельное объемное электрическое сопротивление при 100 °С, Ом·см, не менее .... $1 \cdot 10^{13}$
Тангенс угла диэлектрических потерь при 100 °С и 100 Гц, не более 0,001
Пробивное напряжение электрического поля
при 20 °С и 50 Гц, кВ, не менее 50
Диэлектрическая проницаемость при 20 °С и 1000 Гц 2,0–2,4

Парфюмерное масло (ГОСТ 4225–76) — бесцветная жидкость, отличающаяся от вазелинового медицинского масла более низким уровнем вязкости. Используют в косметических препаратах, в составе

14.9. Характеристики белых масел

Показатели	Масло	
	Вазелиновое медицинское	Парфюмерное
Плотность при 20 °С, кг/м³	870-890	≤880
Кинематическая вязкость при 50 °С, мм²/с	28,0-38,5	16,5-23,0
Зольность, %, не более	0,005	0,004
Температура, °С:		
вспышки в закрытом (открытом) тигле, не ниже	185	(180)
застывания, не выше	-5	-8
Цвет, ед. КНС, не более	6,0	6,0
Кислотное число, мг КОН/г, не более	-	0,01
Содержание сернистых соединений, %, не более	Отсутствие	0,04

кремов, паст, губной помады, лаков для волос, лосьонов, иногда в фармацевтических продуктах, например для изготовления вазелиновых препаратов. В нефтеперерабатывающей промышленности используют в качестве высокоочищенной основы некоторых нефтепродуктов (смазки ЦИАТИМ-205, масла Парф-1 и др.). В чистом виде как смазочный материал обычно не применяют, так как обладает низкой смазывающей способностью в ряду нефтяных масел такого уровня вязкости. В виде исключения можно применять для смазывания узлов машин и механизмов, в которых возможен контакт смазочного материала с продукцией пищевого назначения, например в кондитерском производстве, хлебопечении, при розливе, расфасовке и упаковке молочных и других продуктов.

В сельском хозяйстве используют в качестве растворителя и диспергатора инсектицидов, для приготовления вакцин в ветеринарии.

Кроме того по техническим условиям ТУ 38.401764–89 выпускают **синтетическое белое масло МЦ для биопрепаратов,** а по ТУ 0253-003-00151911–93 — **минеральное масло МКД для дефектоскопии.**

Вакуумные масла

Развитие и совершенствование вакуумной техники и широкое внедрение вакуумной технологии во многих отраслях промышленности определяют потребность в вакуум-создающем оборудовании и рабочих жидкостях для него. В ассортимент рабочих жидкостей для вакуум-создающего оборудования входят хорошо очищенные минеральные (нефтяные) и некоторые синтетические продукты, именуемые вакуумными маслами. Основная область их применения — объемные вакуумные насосы (поршневые, жидкостно-кольцевые, ротационные и др.).

Вследствие специфических условий работы вакуум-создающей техники основными показателями вакуумных масел являются вязкость, давление насыщенных паров, предельное остаточное давление, а также стабильность против окисления.

Нефтяные вакуумные масла (табл. 14.10) вырабатывают в соответствии с ТУ 38.401-58-3–90. В зависимости от назначения установлены следующие марки вакуумных масел: ВМ-3 — для бустерных паромасляных насосов, ВМ-4 и ВМ-6 — для механических вакуумных насосов с масляным уплотнением, ВМ-11 — для бустерных паромасляных насосов.

14.10. Характеристики вакуумных масел

Показатели	ВМ-3	ВМ-4	ВМ-6	ВМ-11
Плотность при 20 °С, г/см³, не более	-	0,9080	-	-
Цвет, ед. ЦНТ, не более	3,5	7,0	4,5	Бесцветное
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:				
20 °С, не более	-	-	220	-
50 °С	8-11	48-57	≤40	12,5-15,3
100 °С	-	8-11	≤8	-
Температура вспышки, °С:				
в открытом тигле	150-180	-	Не нормируется. Определение обязательно	170-185
в закрытом тигле, не ниже	-	205	216	-
Кислотное число, мг КОН/г, не более	-	0,2	-	-
Коксуемость, %, не более	-	0,20	-	-
Температура застывания, °С, не выше	-	-15	-10	-
Стабильность против окисления:				
кислотное число, мг КОН/г, не более	0,3	-	-	-
увеличение вязкости при 50 °С, %, не более	-	-	50	-
Фракционный состав:				
температура начала перегонки, °С, не ниже	95	370	125	80
90 % масла перегоняется при температуре, °С, не выше	175	515	220	175
Массовая доля воды, %	Отсутствие			
Упругость паров при 20 °С, Па, не более	$1{,}33\cdot10^{-2}$	$5{,}3\cdot10^{3}$	$4{,}0\cdot10^{4}$	$6{,}7\cdot10^{3}$
Температура кипения, °С, при которой упругость паров равна 1,33 Па	-	-	-	70-80

Примечание. Кроме указанных в табл. 14.10 марок по техническим условиям на опытные партии периодически выпускают вакуумные масла марок ВС-3 (синтетическое), В, ВМ-12.

Вакуумные масла ВМ-3, ВМ-11 и ВМ-4 являются рабочими жидкостями соответственно для высокопроизводительных паромасляных бустерных, вспомогательных пароструйных и специальных форвакуумных насосов. Класс вязкости по ISO 3448 соответственно 15, 22 и 68/100. Близким к маслу ВМ-4 по основным показателям является масло ВМ-6 для механических вакуумных насосов, работающих при остаточном давлении до $1{,}3\cdot10^{-1}$ Па.

Технологические масла

К этим маслам относятся жидкости и масла, применяемые в производстве резин, резиновых технических изделий, синтетичеких каучуков, и масла для производства химических волокон.

Масла-мягчители и пластификаторы парафино-нафтенового основания

Нетоксол (ТУ 38.101999–84) — масло-мягчитель для резиновой промышленности — высокоочищенное нефтяное масло, получаемое из дистиллята малосернистых нефтей селективной очисткой, депарафинизацией и гидроочисткой. Применяют в производстве резиновых изделий пищевого и медицинского назначения, в качестве компонента для получения ветеринарного вазелина и закалочной среды при вакуумной термической обработке высоколегированных сталей на предприятиях авиационной промышленности и общего машиностроения, а также в производстве резиновой обуви.

МП-75 (ТУ 38.101952–83) — масло-мягчитель для резиновой промышленности — дистиллятное масло селективной очистки из западно-сибирских нефтей, прошедшее депарафинизацию и гидроочистку. Применяют в производстве резиновых подошв и других резиновых изделий.

Стабилпласт-62 (ТУ 38.101545–80) — масло-мягчитель для резиновой промышленности. Получают путем селективной очистки масляного дистиллята из малосернистых нефтей с последующей депарафинизацией и доочисткой глиной или гидроочисткой. Применяют в производстве резиновой обуви и РТИ, в том числе светоокрашенных резиновых изделий.

ПМ (ТУ 38.401172–90) — масло-мягчитель для резиновой промышленности. Получают из дистиллятов малосернистых нефтей путем селективной очистки, депарафинизации и гидроочистки. Применяют в производстве шинных резин и резино-технических изделий.

Стабилойл-18 (ТУ 38 101367–78) — масло-мягчитель для резиновой промышленности — композиция дистиллятного и остаточного компонентов масел селективной очистки из малосернистых нефтей. Применяют в качестве масла-мягчителя в производстве шинных ездовых камер, РТИ и других резиновых изделий на основе неполярных каучуков.

МП-873 (ТУ 38.401191–92) — масло-мягчитель для резиновой промышленности — нефтяное масло, получаемое из ярегской нефти путем выделения целевой масляной фракции требуемого качества. Применяют в производстве губчатых изделий на основе латекса.

Нафтопласт (ТУ 38.101936–83) — масло-мягчитель для резиновой промышленности — масляная фракция, выкипающая в номинальных пределах температур 340–410 °С, получаемая путем вакуумной перегонки мазута специально подобранной ярегской нефти нафтенового основания. Применяют в производстве резиновых технических изделий общего назначения, в том числе из наирита, а также в производстве подошвенных резин и регенерата.

Полимерпласт (ТУ 38.101937–83) — масло-мягчитель для резиновой промышленности. Представляет собой масляную фракцию, выкипающую в номинальных пределах температур 410–460 °С. Получают путем вакуумной перегонки мазута специально подобранной ярегской нефти нафтенового основания. Применяют в производстве полимерных, битум-полимерных и битумных строительных материалов, а также в производстве резиновых технических изделий общего назначения в процессах высокотемпературной вулканизации.

Характеристики масел-мягчителей парафино-нафтенового основания приведены в табл. 14.11.

Масла-пластификаторы МПс и МПа (ТУ 38.401-58-7–90) применяют при изготовлении синтетических каучуков. Масло МПс из сернистых нефтей получают селективной очисткой фенолом и глубокой депарафинизацией; содержит антиокислительную присадку. Масло МПа вырабатывают из малопарафинистой нефти нафтенового основания путем очистки (табл. 14.12).

Ароматические масла-мягчители и пластификаторы

Масло ПН-6 (ТУ 38.1011217–89) — нефтяной пластификатор. Представляет собой концентрат ароматических углеводородов, получаемый компаундированием экстрактов селективной (фенольной) очистки масляных фракций нефти. В зависимости от целей применения вырабатывают ПН-6к, используемый в качестве пластификатора-наполнителя синтетических дивинил- и метилстирольных каучуков, и ПН-6ш, используемый в качестве мягчителя резиновых смесей, применяемых для изготовления шин и других изделий.

14.11. Характеристики масел-мягчителей парафино-нафтенового основания

Показатели	Нетоксол	МП-75	Стабилпласт-62	ПМ	Стабилойл-18	МП-873	Нафтопласт	Полимерпласт
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:								
100 °С	-	-	4-5	5-6	8,5-10,0	-	-	-
50 °С	13-17	15-21	16-20	-	-	6-8	16-25	45-70
Показатель преломления при 20 °С	1,4755-1,4830	1,4800-1,4845	1,4780-1,4820	1,4780-1,4870	1,4830-1,4900	1,4850-1,4980	1,5040-1,5090	1,5100-1,5170
Анилиновая точка, °С	<100	80-100	93-103	>98	99-110	55-68	65-75	65-80
Температура, °С:								
застывания, не выше	-10	-	-15	-15	-15	-45	-30	-25
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	180	190	205	200	140	175	200
Массовая доля. %, не более:								
механических примесей		Отсутствие		-	Отсутствие	-	0,05	0,05
воды		Отсутствие		Следы	Отсутствие		Следы	
золы	-	-	-	0,005	0,005	-	-	-
серы	-	0,06	0,4	0,5	0,35	-	-	-
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,5	1,5	1,5	2,0	5,5	3,5	-	-
Плотность при 20 °С, кг/м³	855-880	865-890	860-882	860-876	875-890	875-900	900-915	910-925

Примечания. 1. Для масла ПМ вязкостно-весовая константа составляет 0,803-0,821; массовая доля потерь при 120 °С — не более 1,0 %.

2. Для масла Нетоксол содержание водорастворимых кислот и щелочей, фурфурола и фенола — отсутствие; для масла МП-75 содержание фурфурола и фенола — отсутствие.

14.12. Характеристика масел МПс и МПа

Показатели	МПс	МПа
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:		
20 °С	23-27	16-22
50 °С	8-9	6-7
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,05
Стабильность против окисления:		
осадок в окисленном масле, %, не более	Отсутствие	0,1
кислотное число окисленного масла, мг КОН/г, не более	0,10	0,35
Зольность, %, не более	0,005	0,03
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	155	140
застывания, не выше	-45	-50
Массовая доля серы, не более	0,5	0,3
Анилиновая точка, °С	85-90	61-67
Показатель преломления, не выше	1,4760	15000
Плотность при 20 °С, кг/м³ не менее	850	890
Теплотворная способность низшая, Дж/г, не менее	41868	41868
Цвет, ед. ЦНТ, не более	0,5	0,5

Примечание. Массовая доля водорастворимых кислот и щелочей, воды и механических примесей — отсутствие.

Пластар-20к (ТУ 38.1011047–85) и **Пластар-37** (ТУ.1011045–85) — высокоароматизированные нефтяные продукты, получаемые из экстрактов селективной очистки масляных фракций нефти путем вакуумной концентрации. Применяют в качестве мягчителя и пластификатора в производстве шин и резиновых технических изделий.

МП-604 (ТУ 38.10110057–86) — масло-мягчитель для резиновой промышленности — композиция, состоящая из ароматического масла и эфирного пластификатора. Применяют в качестве пластификатора в производстве морозостойких резино-технических изделий на основе полярных и неполярных каучуков.

Нефтяные экстракты (ТУ 38.101714–84) или их смеси получают от фенольной очистки дистиллятных и остаточных масляных фракций. В зависимости от областей применения выпускают экстракты следующих марок:

А и Л — для использования в производстве присадок и смазочно-охлаждающих жидкостей;

33 -- 1890

Б — для использования при получении наплавляемого рубероида, в качестве углеродсодержащей добавки для формовочных смесей в литейном производстве, для пропиточного состава сальниковых пропитанных набивок;

В — в качестве углеродсодержашей добавки для формовочных смесей и в литейной производстве и в качестве реагента при флотации калийных руд.

Кроме того, экстракты марок А и Б нашли применение в качестве ароматических масел-пластификаторов и мячителей при изготовлении резиновых смесей в производстве резино-технических изделий.

Полидэкс (ТУ 38.401202–93) — нефтяное ароматическое масло, являющееся экстрактом селективной очистки дистиллятной нефтяной фракции, выкипающей в интервале температур 300–450 °С. В зависимости от типа нефти и технологии производства выпускают полидэкс двух марок — А и Б. Применяют в процессах обогащения минерального сырья и в качестве компонента котельного топлива. Возможно применение масла в качестве пластификатора и мягчителя в производстве резино-технических изделий.

Масло ВНИИНП-ВА-8 (ТУ 38.10161–75) — мягчитель, наполнитель для резин и синтетического каучука. Синтетическое масло на основе алкилбензолов (молекулярной массы 500–600). Хвостовая фракция алкилбензола, получаемая при выработке моющих средств путем алкилирования бензола тетрамерами или другими альфа-олефинами и дополнительно очищенная отбеливающей глиной. Применяют в производстве каучука и резино-технических изделий в качестве мягчителя или наполнителя резиновых смесей и синтетического каучука.

Характеристики масел-мягчителей и пластификаторов приведены в табл. 14.13.

Масла для производства химических волокон

В производстве химических волокон нефтяные масла применяют в процесссах авиважной обработки и замасливания при текстильной переработке как составные элементы многокомпонентных препаратов, а также в качестве минерального растворителя текстильно-вспомогательных веществ для придания нитям и пряже необходимых технологических свойств. В зависимости от специфических требований для этих целей вырабатывают несколько сортов нефтяных масел (табл. 14.14).

14.13. Характеристики масел-мягчителей и пластификаторов

Показатели	ПН-6к*	ПН-6ш*	Пластар-20к	Пластар-37 категории		МП-604	Экстракты нефтяные				Полидэкс		ВНИИНП-ВА-8**
				высшей*	первой*		А	Б	В	Л	А	Б	
Плотность при 20 °С, кг/м³ не менее	950-970	960-980	975-1000	960-980	960-980	960-980	≤ 980	960-990	960-990	≤ 985	≥ 890	≥ 890	875-885
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:													
100 °С	30-35	35-40	22-32	35-40	35-41	-	3-10	10-15	15-30	-	≤7	≤7	6,2-8,1
50 °С	-	-	-	-	-	5,2-7,2	-	-	-	9,4-13,0	-	-	-
Температура, °С:													
вспышки в открытом тигле, не ниже	230	230	230	230	230	176	160	210	210	160	160	160	190
застывания, не выше	36	36	30	36	36	-30	-	-	-	-	6	20	-30
Анилиновая точка, °С	55-67	55-65	30-50	55-65	50-65	-	-	-	-	-	-	-	65-75
Показатель преломления при 50 °С	1,520-1,535	1,525-1,540	1,550-1,575	1,525-1,540	1,520-1,540	1,4690-1,4780	≥1,490	≥1,530	≥1,520	≥1,515	≥1,495	≥1,495	1,4885-1,4960
Массовая доля, %, не более:													
механических примесей	Отсутствие		0,01	Отсутствие			-	-	-	-	-	-	Отсутствие
воды	Следы					Отсутствие	Следы				0,1	0,1	Отсутствие
фенола	0,01	0,01	-	-	-	-	0,015	0,01	0,005	0,005	0,015	0,015	
серы	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0-3,2	-	-	≤0,10

* Массовая доля, %, не более: парафино-нафтеновых углеводородов — 14; смол — 8.

** Кислотное число — не более 0,05 мг КОН/г; йодное число — не более 2,5 г йода/100 г; цвет — не более 2,5 ед. ЦНТ.

33*

14.14. Характеристики масел для производства химических волокон

Показатели	С-9	С-15	С-25	НЗМ-40
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	865	875	875	885
Коэффициент преломления,не более	1,4800	1,4800	1,4800	1,4810
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:				
20 °С	23-29	35-55	≤ 105	-
50 °С	≤ 9	≤ 15	≤ 25	≥ 28
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,02	0,02	0,05
Зольность, %, не более	0,005	0,005	0,005	0,005
Температура, °С:				
вспышки в закрытом тигле, не ниже	150	160	200	190
застывания, не выше	-45	-40	-13	-10
Массовая доля серы, %, не более	0,6	0,7	0,6	-
Йодное число, г йода/100 г, не более	2,6	5	8	-
Цвет (кюветы 10 мм, светофильтр №3), не более	0,700	[*]	[*]	[*]

Примечания. 1. Для всех масел содержание механических примесей и воды — отсутствие.
2. [*] — показатель не нормируется; определение обязательно (на фотоэлектрокалориметре ФЭК-56М или КФК).

Наиболее жестким требованиям промышленности химических волокон отвечает вязкое масло **НЗМ-40** (ТУ 38.101785—79) с высоким содержанием нафтеновых углеводородов, что достигается сложной и многоступенчатой деароматизацией вязкой нефтяной фракции. Широко применяют также масла меньшей вязкости и разной глубины очистки (ТУ 38.10133—75): **С-9** маловязкое, **С-15** глубокой фенольной очистки, **С-25** средней вязкости глубокой фенольной очистки.

Масла разного назначения

Масло для вентиляционных фильтров (висциновое масло) (ГОСТ 7611—75) — очищенное масло из малосернистых нефтей (табл. 14.15). Предназначено для поглощения пыли из воздуха.

Полугудрон (ТУ 38.1011244—89) — неочищенный вязкий остаток прямой перегонки нефти. Предназначен для пропитки кабельной пряжи и бумаги, смазывания грубых механизмов, осей вагонеток с открытыми подшипниками и для других аналогичных целей.

Масла для пайки ТП-22, ТП-22А (ТУ 38.101360—80) — остаточные масла из сернистых и малосернистых нефтей, различающиеся

14.15. Характеристики масел разного назначения

Показатели	Висциновое масло	Полугудрон
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	-	980
Вязкость при 50 °С:		
кинематическая, мм²/с	19-24	250-380
условная, условные градусы	-	18-25
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	165	140
застывания, не выше	-20	-
Массовая доля, %, не более:		
механических примесей	-	0,1
воды	Следы	
серы	-	2,8
Зольность, %, не более	0,015	-
Коксуемость, %	0,3-0,8	-
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	

композицией присадок. Применяют при механизированной пайке волной припоя. Характеристики этих масел приведены ниже.

Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	910
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	20–24
Кислотное число, мг КОН/г, не менее	17
Температура, °С:	
вспышки в открытом тигле, не ниже	230
застывания, не выше	-10
Содержание воды и механических примесей	Отсутствие

Жидкости СЖР (ТУ 38 10195—86) применяют в качестве стандартных углеводородных сред при определении свойств резин и резинотехнических изделий. Установлены три марки жидкостей: СЖР-1, СЖР-2, СЖР-3. СЖР-1 представляет собой хорошо очищенный нефтяной продукт остаточного происхождения из сернистых нефтей; СЖР-2 и СЖР-3 — дистиллятные продукты из малопарафинистой нефти, подвергнутые глубокой очистки (сернокислотной, адсорбционной). Все три продукта имеют стабильное качество, относительно постоянный групповой состав. Характеристики нефтяных стандартных жидкостей:

	СЖР-1	СЖР-2	СЖР-3
Анилиновая точка, °С	124±1,0	93±3,0	70±1,0
Кинематическая вязкость при 98,9 °С, мм²/с	20±1	20±1	33±1 при 37,8 °С
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	240	240	160

Масла-теплоносители

Энергетика многих современных химических процессов и некоторых производств синтетического волокна основана на применении жидких теплоносителей и рабочих сред со специфическими химическими, теплофизическими и реологическими свойствами. На ряде таких производств успешно применяют нетоксичные нефтяные масла-теплоносители, отличающиеся достаточно высокими термической стабильностью и температурой самовоспламенения. Высокотемпературные нефтяные масла-теплоносители, работоспособные до 280-320 °С, представляют собой продукты глубокой переработки нефти, в которых благодаря технологическим процессам достигается высокое содержание ароматических углеводородов. Поэтому в обозначения масел, как правило, включена аббревиатура АМТ (ароматизированное масло-теплоноситель), а следующая затем цифра указывает примерную предельно допустимую температуру длительного применения.

Масла-теплоносители АМТ (табл. 14.16)

Масло-теплоноситель АМТ-300 (ТУ 38 101537—75) — жидкий нефтяной теплоноситель, вырабатывают на базе экстрактов фенольной очистки дистиллятов сернистых нефтей путем последующей их депарафинизации и доочистки (сернокислотной, адсорбционной или гидрокаталитической). Применяют в закрытой системе, исключающей его контакт в горячем виде с воздухом. Предельно допустимая температура масла при интенсивной принудительной циркуляции — не выше 280 °С.

14.16. Характеристики масел-теплоносителей АМТ

Показатели	АМТ-300*	АМТ-300Т
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	960	995
Показатель преломления, не менее	1,54	1,58
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с, не более	5,9	5,3
Температура, °С:		
застывания, не выше	-30	-23
вспышки в закрытом тигле, не ниже	175	170
самовоспламенения минимальная, не ниже	285	325
Содержание:		
механических примесей	Отсутствие	
воды	Отсутствие	
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,03	0,05
Цвет (без разбавления), ед. ЦНТ, не более	6	-
Фракционный состав, °С:		
5 % (об.) выкипает, не ниже	330	-
95 % (об.) выкипает, не выше	475	-

* Цвет и фракционный состав определяют на месте производства. Для масла кислотно-контактной очистки допускается кислотное число <0,05 мг КОН/г.

При применении масла следует соблюдать меры пожарной безопасности: установки и системы высокотемпературного обогрева маслом и помещения, в которых они размещены, должны быть выполнены в соответствии с ПУЭ-76.

Масло-теплоноситель АМТ-300Т (ТУ 38 1011023—85) — нефтяное масло, вырабатываемое на основе экстракта тяжелого газойля каталитического крекинга (фракция 350-475 °С) с последующей селективной депарафинизацией и доочисткой (адсорбционной или гидрокаталитической). Применяют в закрытых системах обогрева, оборудованных приспособлением для удаления легкокипящих продуктов разложения, которые могут образоваться при длительной работе теплоносителя. Рекомендовано для заводов химического волокна и других производств. Предельно допустимая температура масла при интенсивной принудительной циркуляции в условиях длительной эксплуатации — до 300 °С.

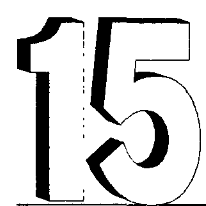
Теплоносители для систем регулирования (табл. 14.17)

ЛЗ-ТК-2 (ТУ 38.101388-79) — теплоноситель для систем терморегулирования, работающих в интервале температур -100...80 °С.

Теплоноситель «Темп» (ТУ 38.1011101—87) — предназначен для использования в качестве рабочей среды в системах терморегулирования, работающих в интервале температур -18...100 °С.

14.17. Характеристики теплоносителей для систем терморегулирования

Показатели	«Темп»	ЛЗ-ТК-2
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	1065-1095	710
Кинематическая вязкость, мм²/с, не более, при температуре:		
20 °С	2,8-3,7	-
-10 °С	-	0,8
-60 °С	-	3,5
pH при 20 °С	7,5-8,5	-
Показатель преломления при 20 °С	1,370-1,390	-
Температура, °С:		
застывания, не выше	-18	-
кипения, не ниже	100	-
Фракционный состав:		
начало кипения, °С, не менее	-	99
90 % (об.) выкипает при температуре, °С, не ниже	-	112
Массовая доля:		
механических примесей, %, не более	0,005	Отсутствие
воды	-	Отсутствие
водорастворимых кислот и щелочей	-	Отсутствие
Испытание на изменение объема при -50 °С	Выдерживает	-
Коррозионное воздействие на металлы	Выдерживает	-



ЗАРУБЕЖНЫЕ КЛАССИФИКАЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

В условиях резкого роста парка иностранной техники в нашей стране и расширения возможности эксплуатации российской техники за рубежом особенно важной становится информация о взаимозаменяемости горюче-смазочных материалов (ГСМ).

Стандарты технических требований на конкретные виды нефтепродуктов для мировой практики нехарактерны. Общепризнанной документацией является классификация продукции.

Критерием для установления классификации в международной практике принята область применения продукции, а при определенных обстоятельствах, когда этот критерий нельзя применить, классификацию проводят по видам продукции.

В классах устанавливают наиболее общие свойства, которые моделируют поведение топлив и смазочных материалов в реальных условиях.

Многие производители техники предъявляют дополнительные требования к используемым продуктам, в частности маслам, которые применяются в их двигателях, и принимают на себя гарантию только в том случае, если при эксплуатации техники использовался продукт, соответствующий конкретной спецификации. С этой целью некоторые производители составляют реестры, в которых перечисляют все проверенные и апробированные ими продукты.

В США военные учреждения используют военные спецификации MIL как основы для заказов, они ориентированы на их потребности.

Классификация нефтепродуктов настолько важна, что в рамках ТК 28 Международной организации по стандартизации (ИСО) по этой теме работает отдельный подкомитет ПК 4.

Международная классификация, как правило, базируется на национальных классификациях следующих организаций:

ACEA – Ассоциация европейских изготовителей автомобилей;

API – Американский институт нефти;

ASTM – Американская ассоциация испытаний и материалов;

ATC – Технический комитет изготовителей присадок к нефтепродуктам в Европе;

ATIEL – Техническая ассоциация европейских производителей смазочных материалов;

CEC – Европейский координационный Совет по разработке методов испытаний смазочных материалов и топлив для двигателей (Европейский координационный совет);

CCMC – Комитет изготовителей автомобилей общего рынка (в настоящее время заменен на ACEA);

DIN – Немецкие промышленные нормы;

ILSAC – Международный комитет по стандартизации и одобрению смазочных материалов;

ISO – Международная ассоциация по стандартизации;

IP – Институт нефти (Англия);

NLGI – Национальный институт смазок (США);

SAE – Общество инженеров-автомобилистов.

Международный стандарт ИСО 8681 отражает общую классификацию нефтепродуктов и смазочных материалов (табл. 15.1).

Системы классификаций, применяемые к каждому классу продуктов, устанавливают в соответствующих международных стандартах.

15.1. Общая классификация нефтепродуктов и родственных продуктов

Класс	Продукт
F	Топлива
S	Растворители и сырье для химической промышленности
L	Смазочные материалы, индустриальные масла и родственные продукты
W	Парафины
B	Битумы

Классификация топлив

В рамках международной стандартизации в области классификации топлив разработаны стандарты серии МС ИСО 8216/0 — 8216/4.

МС ИСО 8216/0 устанавливает общую классификацию нефтяных топлив (класс F). В зависимости от вида топлива в класс F включены пять категорий продуктов (табл. 15.2).

Детальная классификация групп топлив с учетом дополнительных условий применения, типа, свойств и характеристик устанавливает используемую группу продуктов для каждой категории и предусматривается отдельными частями ИСО 8216. В настоящее время разработаны части ИСО 8216/1, ИСО 8216/2, ИСО 8216/4, на основе которых внедрены отечественные стандарты:

ГОСТ 28577.0-90 Нефтепродукты. Топлива (Класс F). (ИСО 8216/0-86) Классификация. Часть 0. Общая классификация.

ГОСТ 28577.1-90 Нефтепродукты. Топлива (Класс F). (ИСО 8216/1-86). Классификация. Часть 1. Категории топлив для морских двигателей.

15.2. Классификация нефтяных топлив (класс F)

Категория топлива	Характеристика
G	*Газообразные топлива* Газообразные топлива нефтяного происхождения, состоящие, в основном, из метана и/или этана
L	*Сжиженные газообразные топлива* Газообразные топлива нефтяного происхождения, состоящие, в основном, из пропана и пропена и/или бутана и бутена
P	*Дистиллятные топлива*[1] Топлива нефтяного происхождения, исключая сжиженные нефтяные газы и топлива. Они включают бензины, керосины, газойли и дизельные топлива Тяжелые дистилляты могут содержать небольшие количества остатков
R	*Остаточные топлива*[2] Нефтяные топлива, содержащие остаточные фракции процесса перегонки
C	*Нефтяные коксы* Твердые топлива нефтяного происхождения, полученные в процессе крекинга и состоящие в основном из углерода

[1] Топлива категории Д могут быть получены не только перегонкой, но также в процессе крекинга, алкилирования и т.д.

[2] В настоящей классификации под остаточным топливом подразумевается остаточное топливо, не содержащее синтетических компонентов.

ГОСТ 28577.2-90 Нефтепродукты. Топлива (Класс F). (ИСО 8216/2-86). Классификация. Часть 2. Категории газотурбинных топлив для применения в промышленности и для морских двигателей.

ГОСТ 28577.3-90 Нефтепродукты. Топлива (Класс F). (ИСО 8216/4-86). Классификация. Часть 3. Группа 1. Сжиженные нефтяные газы.

Особого внимания заслуживает классификация топлив, применяемых для реактивных двигателей гражданских самолетов. В большинстве стран уровень качества этих топлив определяется в основном спецификациями, разработанными ASTM и DERD (Британское Министерство Обороны). Национальные спецификации стран — производителей авиационного реактивного топлива имеют незначительные отклонения от спецификаций ASTM и DERD.

Для преодоления трудностей, связанных с выбором необходимых марок топлив, поставкой и хранением авиатоплив, их основные производители и поставщики разработали общую спецификацию, охватывающую ограничительные требования основных спецификаций, используемых в настоящее время в странах, где потребление авиатоплив наибольшее. Этот документ известен как «Требования к качеству авиационного топлива для совместно эксплуатируемых систем» или AFQRJOS.

В США требования к качеству (перечень физико-химических показателей и эксплуатационных свойств) авиатоплив для самолетов гражданской авиации оформлены в виде спецификации ASTM D 1655, согласно которой производятся массовые топлива:

Jet A — топливо типа керосин с максимальной температурой замерзания минус 40 °С;

Jet A-1 — аналогичное топливо с температурой замерзания минус 47 °С.

Требования к британским реактивным топливам для гражданской авиации установлены спецификацией D, Eng. RD (DERD) 2494, ранее разработанной для военной авиации. Это топливо типа керосина с температурой замерзания минус 47 °С.

Перечень контрольных операций (AFQRJOS) является основой для международных требований к авиакеросинам.

Топливо для газотурбинных двигателей, производимое и поставляемое по AFQRJOS, должно соответствовать наиболее жестким требованиям следующих спецификаций:

Стандарт Британского Министерства Обороны DEF STAN 91-91/ Издание 2 (DERD 2494) от мая 1996 г.;

Стандартная спецификация ASTM D 1655;

Руководящий материал международной ассоциации воздушного транспорта (IATA) от декабря 1994 г.

Реактивное топливо, удовлетворяющее требованиям AFQR-JOS, в документах маркируется как Jet A-1.

На территории СНГ реактивные топлива типа керосин производятся по ГОСТ Р 10227 под марками ТС-1 и РТ.

Классификация топлив, как нормативный документ, в отечественной практике отсутствует, конкретные требования находят отражение в нормативной документации по видам топлив (ГОСТ, ОСТ), а также в технических условиях.

Классификация масел

Индустриальные масла

Среди классификаций на масла наиболее полно разработаны стандарты серии МС ИСО 6749 «Смазочные материалы, индустриальные масла и родственные продукты (Класс I). Классификации групп.»

Классификация включает 18 групп продуктов, на которые делится этот класс в соответствии с областью применения (табл. 15.3).

Использование международной классификации, построенной по принципу применения смазочных материалов, позволяет сгруппировать смазочные материалы, выпускаемые в различных странах под различными фирменными наименованиями, в классы по области применения, что значительно облегчает решение задачи по подбору смазочных материалов для оборудования.

Взаимозаменяемость смазочных материалов, производимых в разных странах и предназначенных для разной техники, устанавливают путем комплексной оценки их функциональных свойств на лабораторных приборах и установках, стендах с модельными и натурными узлами трения, полноразмерных двигателях, в реальных машинах и механизмах в условиях эксплуатации.

Принципы и критерии оценки этих свойств, а также оборудование, используемое при проведении испытаний всех видов, в разных странах, в основном, одинаковы. Однако конкретные — лабораторные, стендовые, моторные и эксплуатационные методы могут заметно отличаться. Кроме того, среди специалистов даже одной страны может не быть единой точки зрения по поводу приводимой классификации методов, т.е. эта классификация в значительной степени условна.

15.3 Классификация смазочных материалов, индустриальных масел и родственных продуктов. Деление на группы согласно области применения

Группа	Применение
Л	Открытые общие системы
B	Освобождение от формы
C	Зубчатые передачи
D	Компрессоры (включая охлаждение)
E	Двигатели внутреннего сгорания
F	Шпиндели, подшипники и связанные с ними сцепления
G	Ползуны
H	Гидравлические системы
M	Металлообработка
N	Электроизоляция
P	Пневматические инструменты
Q	Теплопередача
R	Временная защита от коррозии
T*	Турбины
	Термообработка
X	Применения, требующие смазки
Y	Прочее применение
Z	Цилиндры для паровых машин

* Этот класс охватывает газовые и паровые турбины, различие будет сделано на дальнейшей стадии классификаций.

В главе 6 настоящего справочника достаточно подробно изложена классификация индустриальных масел с учетом международной классификации.

Моторные масла

Всемирную известность приобрели классификации моторных масел по SAE и API.

Моторные масла классифицируют по вязкости, эксплуатационным свойствам. Кроме того моторные масла подразделяют на энергосберегающие (Energy Conserving) и не обладающие способностью уменьшать расход топлива в сравнении с эталонным маслом.

В основе классификации по вязкости лежит стандарт SAE J 300 «Классы вязкости моторных масел», в котором маслам присваивают

обозначения в соответствии с их вязкостью при 100 °С и при отрицательной температуре (табл. 15.4).

Класс масла по SAE характеризует только вязкость масла и не дает информации о его эксплуатационных свойствах.

Область применения определяется эксплуатационными свойствами масла.

Наиболее распространенной классификацией по эксплуатационным свойствам и областям применения моторных масел является классификация API (табл. 15.5).

15.4 Классификация моторных масел по вязкости — SAE J 300 (апрель 1997 г.)

Класс вязкости по SAE	Низкотемпературная вязкость		Высокотемпературная вязкость		
	Прокачиваемость[а], мПа · с, max, при температуре, °С	Прокачиваемость[б], мПа·с, max, при температуре, °С	Кинематическая вязкость[в], мм², при 100 °С		При высокой скорости сдвига[г], мПа·с, при 150 °С и 10⁶ · с⁻¹, мин
			min	max	
0W	3250 при -30	60 000 при -40	3.8	-	-
5W	3500 при -25	60 000 при -35	3.8	-	-
10W	3500 при -20	60 000 при -30	4,1	-	-
15W	3500 при - 15	60 000 при -25	5,6	-	-
20W	4500 при -10	60 000 при -20	5,6	-	-
25W	6000 при -5	60 000 при - 15	9,3	-	-
20	-	-	5,6	<9,3	2,6
30	-	-	9,3	<12,5	2,9
40	-	-	12,5	<16,3	2,9 (10W-40, 5W-40, 10W-40 классы)
40	-	-	12,5	<16,3	3,7 (15W-40, 20W-40, 25W-40, 40 классы)
50	-	-	16,3	<21,9	3,7
60	-	-	21,9	<26,1	3,7

[а] ASTM D 5293 — имитатор холодного пуска CCS;
[б] ASTM D 4684 и Д 3829 — мини-ротационный вискозиметр MPV;
[в] ASTM D 445 — стеклянный капиллярный вискозиметр;
[г] ASTM D 4683 — конический имитатор подшипника.



15.5 Классификация API моторных масел по эксплуатационным свойствам и областям применения

Классы масел	Рекомендуемая область применения
	Категория S (масла для бензиновых двигателей)
SA*	Двигатели, работающие в легких условиях
SB*	Двигатели, работающие при умеренных нагрузках
SC*	Двигатели, работающие с повышенными нагрузками (модели выпуска до 1964 г.)
SD*	Двигатели, работающие в тяжелых условиях (модели выпуска до 1968 г.)
SE*	Двигатели, работающие в тяжелых условиях (модели выпуска до 1972 г.)
SF*	Двигатели, работающие в тяжелых условиях на неэтилированном бензине
SG*	Двигатели выпуска с 1989 г.
SH	Двигатели выпуска с 1994 г.
SJ	Двигатели выпуска с 1997 г.
	Категория С (масла для дизелей)
CA*	Двигатели, работающие при умеренных нагрузках на малосернистом топливе
CB*	Двигатели без наддува, работающие при повышенных нагрузках на сернистом топливе
CC*	Двигатели (в том числе с умеренным наддувом), работающие в тяжелых условиях
CD*	Двигатели с высоким наддувом, работающие в тяжелых условиях на высокосернистом топливе
CD-II*	То же, с учетом специфических требований двухтактных дизелей
CE*	Двигатели с высоким наддувом (модели выпуска с 1983 г.), эксплуатируемые в тяжелых условиях (высокие нагрузки, малая частота вращения)
CF-4	Двигатели выпуска с 1990 г.
CF-2	Улучшенные характеристики CD-II для двухтактных дизелей
CG-4	Двигатели выпуска с 1994 г. Улучшены характеристики CF-4 и ужесточены требования к токсичности отработанных газов

* Эти классы масел отменены.

Универсальные масла имеют двойное обозначение (SF/CD, CE/SG).

При эксплуатации автомобилей и другой техники применяют масла рекомендуемых классов по SAE с эксплуатационными свойствами по API.

Классификацию моторных масел для европейских двигателей разработал CCMC (ACEA). Классификация CCMC разработана отдельно для бензиновых и дизельных двигателей, как и в API (табл. 15.6).

Отдельные классы масел CCMC по свойствам сопоставимы с маслами API и определяются комплексами лабораторных и моторных испытаний, как правило по стандартам ASTM, CEC, IP или DIN.

15.6 Классификация CCMC моторных масел по эксплуатационным свойствам

Классы масел	Рекомендуемая область применения
	Масла для бензиновых двигателей
G1	Двигатели, работающие в обычных условиях
G2	Двигатели современных легковых автомобилей, работающие в ужесточенных условиях
G3	Двигатели современных и перспективных автомобилей, предъявляющие высокие требования к вязкостным и противоокислительным свойствам масла
G4	Двигатели современных и перспективных автомобилей, используемые для езды на скоростных автострадах
G5	Двигатели спортивных скоростных автомобилей, предъявляющие особые требования к противоокислительным, вязкостным и противоизносным свойствам масла
	Масла для дизелей
D1	Двигатели без наддува, работающие при обычных условиях
D2	Двигатели без наддува для тяжелых условий или с наддувом для умеренных условий
D3	Двигатели с наддувом для особо тяжелых условий
PD-1	Дизели легковых автомобилей
D4	Двигатели с высоким наддувом, работающие в тяжелых условиях
D5	Двигатели с высоким наддувом, работающие в особо тяжелых условиях
PD-2	Двигатели с турбонаддувом для легковых автомобилей, предъявляющих особые требования к диспергирующим свойствам масла

С 1 января 1996 г. взамен классификации CCMC введена классификация ACEA. Она пересмотрена и дополнена в 1998 г. Классификация ACEA разработана при взаимодействии с европейскими организациями: CEC, ATC и ATIEL.

Классификация ACEA распространяется на масла для бензиновых двигателей (классы A1-96, A2-96, A3-96), дизелей легковых (классы B1-96, B2-96, B3-96) и дизелей грузовых (классы E1-96, E2-96, E3-96) машин. После изменений и дополнений введены новые классы A1-98 и A3-98 для бензиновых двигателей, B1-98, B2-98, B3-98 и B4-98 для дизелей легковых автомобилей и E4-98 для дизелей грузовиков.

Наряду с разработкой новых требований к эксплуатационным свойствам моторных масел ACEA устанавливает новую систему контроля качества.

Эксплуатационные свойства, заявленные на основании новых методов испытаний ACEA, должны быть подкреплены результатами

моторных испытаний, полученными в условиях применения новой системы.

Новая система, известная как Европейская система контроля качества моторных масел (EELQMS), разработанная совместно вышеуказанными организациями, обеспечивает процесс для программы разработки европейских моторных масел. EELQMS включает в себя требования регистрации испытаний, наработки данных и изменения композиций. Все испытания должны быть зарегистрированы до их проведения в Европейском регистрационном центре — независимой организации, имеющей опыт в контроле порядка проведения испытаний.

Автомобилестроительные фирмы США и Японии, сотрудничая с ILSAC, сформулировали требования к моторным маслам для бензиновых двигателей легковых автомобилей. До сих пор в классификации ILSAC имеется два класса, обозначаемые GF-1 и GF-2. Они близки классам API SH и SJ соответственно.

В принципе отечественная классификация моторных масел аналогична общепринятой и подробно рассмотрена в главе 2 настоящего справочника.

Трансмиссионные масла

Требования к качеству трансмиссионных масел, предназначенных для разнообразной техники, чрезвычайно велики, что обусловливает необходимость ее классификации.

Аналогично моторным маслам распространение получили две системы классификации: SAE по вязкости и API по эксплуатационным свойствам.

Согласно классификации SAE автотракторные трансмиссионные масла делятся по вязкости на 6 классов (табл. 15.7).

Для классов, имеющих индекс W (зимний) установлены требования к низкотемпературным свойствам: для каждого класса принята максимальная температура, при которой динамическая вязкость, определенная на вискозиметре Брукфильда не превышает 150 Па·с.

Если в обозначении трансмиссионного масла по SAE указаны два класса вязкости через дефис, то это означает, что масло является всесезонным для определенной климатической зоны. Например, масло SAE 75W-90 имеет низкотемпературные свойства класса вязкости

34 — 1890

15.7. Классификация SAE трансмиссионных масел по вязкости

Класс вязкости	Максимальная температурв достижения динамической вязкости 150 Па·с, °С	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	
		минимальная	максимальная
		Зимние	
75W	-40	4,1	-
80W	-26	7,1	-
85W	-12	22	-
		Летние	
90	-	13,5	24
140	-	24	41
250	-	41	-

SAE 75W (т.е. при температуре −40 °С динамическая вязкость масла не превышает 150 Па·с), а при положительной температуре кинематическая вязкость соответствует вязкости класса SAE-90 (т.е. при 100 °С кинематическая вязкость находится в пределах 13,5-24 мм²/с).

Различия в конструкциях агрегатов трансмиссий и условий их эксплуатации обусловливают и различия в требованиях по эксплуатационным свойствам.

Этот принцип был положен в основу при разработке классификации по API, в соответствии с которой масла разделяют по типу и степени нагружаемости зубчатых передач, в которых они могут использоваться (табл. 15.8).

Классификации SAE и API дают лишь общую характеристику масел, не учитывая всех показателей качества. Полные требования к физико-химическим и эксплуатационным свойствам масел и их допустимые предельные значения указывают в спецификациях. В странах Западной Европы и США автомобильные трансмиссионные масла выпускаются по спецификациям двух типов:

спецификации фирм, производящих автомобили;

военные спецификации, по которым производятся масла для снабжения армии США и НАТО.

Спецификации обоих типов включают требования к физико-химическим и эксплуатационным свойствам масел, определяют объем и методы их испытаний.

15.8 Классификация API трансмиссионных масел по области применения

Группа	Область применения	Характеристики масел
GL-1	Цилиндрические, червячные и спирально-конические зубчатые передачи, работающие при низких скоростях и нагрузках	Минеральные масла без присадок или с антиокислительными, противоизносными и противопенными присадками без противозадирных компонентов
GL-2	Червячные передачи, работающие в условиях, характерных для группы GL-1	Масла с более высокими требованиями к антифрикционным свойствам. Могут содержать антифрикционный компонент
GL-3	Обычные трансмиссии со спирально-коническими шестернями, работающие в умеренно жестких условиях по скоростям и нагрузкам	Обладают лучшими противоизносными и противозадирными свойствами, чем масла группы GL-2
GL-4	Автомобильные трансмиссии с гипоидными передачами, работающие в условиях больших скоростей при малых крутящих моментах и малых скоростей при высоких крутящих моментах	Обязательно наличие высокоэффективных противозадирных присадок
GL-5	Автомобильные гипоидные передачи, работающие в условиях больших и малых крутящих моментов, при действии ударных нагрузок на зубья шестерен — при высоких скоростях скольжения	Содержат большое количество серофосфоросодержащей противозадирной присадки
GL-6	Автомобильные гипоидные передачи с увеличенным вертикальным смещением осей шестерен, т.е. работающие при повышенных скоростях, ударных нагрузках и высоких крутящих моментах	Содержат бо́льшее количество серофосфоросодержащей противозадирной присадки, чем масла группы GL-5
MT-1* (PG-1)	Механические коробки передач без синхронизации тяжелых грузовиков и автобусов	Обязательное наличие активных противозадирных и противоизносных присадок, а также присадок, улучшающих термостабильность и противоизносные свойства

* Новая группа трансмиссионных масел, введенная Американским нефтяным институтом в 1995 г. взамен группы PG-1.

Промышленные спецификации распространяются на все виды масел от GL-1 до GL-6 по классификации API, военные — только на GL-4 и GL-5.

По этим спецификациям предусматривается проверка всех показателей качества в полном объеме указанных в них требований.

В странах США и Западной Европы наибольшее распространение получили военные спецификации США:

MIL-L-2105 (в 1959 г. заменена на MIL-L-2105B);
MIL-L-2105B (в 1973 г. заменена на MIL-L-2105C);
MIL-L-2105C (в 1987 г. заменена на MIL-L-2105D);
MIL-L-2105D (введена в 1987 г.).

В 1995 г. в США была введена в действие новая военная спецификация MIL-PRP-2105E, объединяющая требования MIL-L-2105D и API MT-1.

Военные спецификации дают описание почти всех требований, предъявляемых к смазочным маслам, которые имеются на заправочных станциях в США и большинстве других стран.

Однако требования некоторых изготовителей техники выше, чем гарантируемые этими спецификациями. Поэтому основные изготовители автомобилей имеют собственные спецификации на трансмиссионные масла первой заправки. К этим маслам предъявляют дополнительные требования, обеспечивающие специфические характеристики, такие как чистота деталей, работоспособность синхронизаторов, продолжительность ограничения проскальзывания и др.

Тем не менее часто для первой заправки рекомендуются масла по спецификации MIL-L-2105D.

В России собственные спецификации на трансмиссионные масла имеет только один автомобильный завод — ВАЗ.

Гидравлические масла

Гидравлические масла в рамках международной стандартизации классифицированы стандартами ИСО 3448 — по вязкости и ИСО 6074 — по эксплуатационным свойствам. Согласно ИСО 6074 жидкости из минерального сырья, используемые в гидравлических системах, объединены в группу H, которая в свою очередь подразделяется на четыре категории в зависимости от состава масел и основной области их применения:

HH — масла минеральные без присадок;

HL — масла минеральные с антиокислительными и антикоррозионными присадками;

HM — масла типа HL с противоизносными присадками;

HV — масла типа HM с улучшенными вязкостно-температурными свойствами.

О допуске к производству и применению топлив, масел, смазок и специальных жидкостей

На протяжении нескольких десятилетий при Госстандарте СССР действовала Межведомственная Комиссия, осуществлявшая допуск к производству и применению топлив, масел, смазок и специальных жидкостей.

Аналогичный порядок допуска сохраняется и в настоящее время в России.

В июне 1998 г. Постановлением № 247 Госстандартом РФ принят ГОСТ Р 51176-98 «Нефтепродукты. Оформление технического заключения (допуска) к производству и применению» с датой введения на территории Российской Федерации с 01.01.1999 г. В августе 1998 г. было дано разрешение на его досрочное введение.

Стандарт устанавливает оформление технического заключения (допуска) к производству и применению в технике новых и модернизированных топлив, масел, смазок и специальных жидкостей и распространяется на нефтепродукты, рекомендуемые для широкого применения при эксплуатации различных видов техники:

топлива (кроме ракетных, твердых, газообразных топлив, топлив для бытовых нужд, осветительных керосинов и котельно-печных топлив, исключая марки мазутов, используемых при работе судовых энергетических установок);

масла авиационные, моторные, турбинные, компрессорные, трансмиссионные и холодильные;

смазки пластичные антифрикционные, уплотнительные, консервационные;

специальные жидкости амортизаторные, гидравлические, охлаждающие, противообледенительные, противооткатные и тормозные;

материалы рабоче-консервационные и консервационные (масла, смазки, ингибированные пленкообразующие нефтяные составы и маслорастворимые ингибиторы коррозии).

Нефтепродукты, не указанные в области применения настоящего стандарта, допускаются к производству и применению в соответствии с ГОСТ 15.001.

Оформление допуска к производству и применению нефтепродукта включает:

подачу заявки на оформление допуска к производству и применению;

рассмотрение заявки на оформление допуска к производству и применению;

проведение приемочных или квалификационных испытаний;

оформление отчета о результатах испытаний;

рассмотрение результатов испытаний;

оформление допуска и его регистрацию.

Изготовитель или разработчик нефтепродукта направляет в МВК заявку установленной формы.

МВК рассматривает заявку на оформление допуска к производству и применению и направляет ее головному исполнителю. Головной исполнитель подтверждает готовность к проведению испытаний опытного нефтепродукта.

Испытания подразделяются на приемочные и квалификационные.

На приемочные и квалификационные испытания представляют опытный нефтепродукт, изготовленный на промышленной или опытно-промышленной установке.

Приемочные испытания подразделяют на:

лабораторно-стендовые (1-ый этап) — предназначены для оценки физико-химических и эксплуатационных характеристик нефтепродукта и соответствия его требованиям ТЗ, нормам КМКО. НД или ТУ;

стендовые (2-ой этап) — предназначены для оценки надежности работы изделий, двигателей, агрегатов, узлов, систем и механизмов на новом продукте;

полигонные, контрольно-летные (3-й этап) — предназначены для подтверждения тактико-технических характеристик техники на новом нефтепродукте;

эксплуатационные, или эксплуатацию под наблюдением (4-й этап) — предназначены для выявления особенностей использования нового нефтепродукта в условиях эксплуатации техники, установления периодичности ее технического обслуживания.

В зависимости от рода техники и вида нефтепродукта МВК может принять решение о допуске нового нефтепродукта к производству и применению по результатам одного или нескольких этапов приемочных испытаний.

Квалификационные испытания опытного нефтепролукта при организации (освоении) производства, изменении состава базовых компонентов, технологии производства, корректировке состава присадок проводят в объеме требований НД или ТУ и КМКО на вид нефтепродукта.

При отсутствии норм КМКО сравнивают характеристики опытного и промышленного нефтепродукта аналогичного функционального назначения.

При отсутствии КМКО на представленный вид нефтепролукта его испытания проводят по программе, согласованной с соответствующей РГНЭ.

По результатам приемочных или квалификационных испытаний опытного нефтепродукта головной исполнитель оформляет отчет и представляет его в РГНЭ.

При отсутствии разногласий при подготовке РГНЭ рекомендаций РА МВК готовит проект решения о допуске к производству и применению нефтепродукта, дальнейшим испытаниям или их прекращению.

Решение, принятое на заседании МВК или оформленное на основании протокола заведения РГНЭ, РА МВК представляет на утверждение Председателю МВК или лицу его замещающему и оформляет допуск к производству и применению нефтепродукта.

Оформленный допуск РА МВК регистрирует в реестре и направляет заказчику. Типовая форма допуска представлена в приложении к стандарту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Васильева Л.С.** Краткий справочник по автомобильным эксплуатационным материалам. М.: Транспорт, 1992. 120 с.

2. **Гуреев А.А., Азев В.С.** Автомобильные бензины. Свойства и применение. М.: Нефть и газ, 1996. 444 с.

3. **Данилов А.М.** Присадки и добавки. Улучшение экологических характеристик нефтяных топлив. М.: Химия, 1996. 231 с.

4. **Данилов А.М., Емельянов В.Е., Митусова Т.Н.** Разработка и производство экологически улучшенных моторных топлив. Обзор. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1994. 54 с.

5. **Ищук Ю.Л.** Состав, структура и свойства пластичных смазок. Киев: Наукова думка, 1996. 512 с.

6. **Кулиев А.М.** Химия и технология присадок к маслам и топливам. Л.: Химия, 1985. 312 с.

7. **Папок К.К.** Химмотология топлив и смазочных масел. М.: Воениздат, 1987. 192 с.

8. **Смазочно-охлаждающие** технологические средства для обработки металлов резанием. Справочник / Под ред. С.Г. Энтелиса, Э.Н. Берлинера. М.: Машиностроение, 1986. 352 с.

9. **Хурумова А.Ф., Назарова Т.И., Трянов А.Е.** и др. Смазочные материалы для приводов и нагнетателей газоперекачивающих агрегатов. М., 1996, 176 с.

10. **Шехтер Ю.Н., Школьников В.М., Богданова Т.И., Милованов В.Д.** Рабоче-консервационные смазочные материалы. М.: Химия, 1979. 256 с.



BRITISH PETROLEUM

Бритиш Петролеум
113054, Москва,
Павелецкая пл., д.1., стр.2.
Тел. (095) 230-6200
Факс (095) 737-89-95

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Компания **British Petroleum** входит в тройку крупнейших нефтяных и нефтехимических компаний и имеет многолетний опыт в разработке и производстве смазочных материалов, применяемых в различных областях техники. Благодаря высокому качеству продукция **British Petroleum** широко известна во всем мире.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МАСЛА (табл. 1)

Turbinol — турбинные масла экстра-класса, не содержащие металлоорганических присадок, т.е. на основе беззольной композиции, не содержащей цинк. Обладают очень высокой стойкостью к окислению, прекрасно защищают металлические поверхности от коррозии, предотвращают пенообразование благодаря хорошей способности к отделению воздуха. Разработаны для удовлетворения наиболее жестких требований ведущих турбостроительных фирм и имеют обширный опыт промышленного применения. Соответствуют: DIN 51515/1 (тип L-TD); ISO 8068 (категории L-TSA и L-TGA). Одобрены: Siemens AG-KWU; ABB Asea Brown-Bowery AG; MAN Energie GmbH (N 696).

Применяются для смазывания и охлаждения подшипников и редукторов паровых, газовых, гидравлических турбин и турбокомпрессоров.

Energol RC-R — серия беззольных **компрессорных масел** экстра-класса. Соответствуют: DIN 51352, часть II и DIN 51506 VD-L. Одобрены: Atlas Copco; Compare/Luchard; Burton Corblin; Sullair, Crepelle; Consolidated Pneumatic Tool Co.

Применяются для роторов, подшипников и шестерен роторных воздушных компрессоров, в частности, смазываемых разбрызгиванием винтовых компрессоров при температуре воздуха до 120 °С. Предназначены как для стационарной, так и для передвижной техники. Рабочий диапазон температур окружающего воздуха от -25 до 50 °С. Для роторных компрессоров наиболее часто применяются масла классов ISO 32 или 46. Масла классов ISO 68 и 100 могут быть успешно использованы для поршневых компрессоров.

Energol RC — высококачественные **компрессорные масла.** Обладают высокой стойкостью к окислению, антикоррозионными и противопенными



свойствами. Практически не образовывают углеродистых отложений в камерах сжатия и воздушных распределительных линиях.

Отвечают категории VD-L по DIN 51506.

Применяются для воздушных поршневых компрессоров с температурой воздуха в конце сжатия до 220 °С. Пригодны также для капельного смазывания ротационных лопастных компрессоров и для циркуляционной смазки подшипников скольжения и качения, работающих при высоких температурах.

Energol JS — трансформаторные масла. Имеют щелочное число 0,01 мг КОН/г. Соответствуют спецификациям: *Energol JS-A* - IEC 296 класс I. BS 148, NFC 27101; *Energol JS-R* - ЕС 296 класс II, DIN 57370/VDE 0370 класс А; *Energol JS-HA* - то же, что Energol JS-A, но с окислителем.

Применяются для электрических трансформаторов, масляных переключателей и прерывателей.

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАСЕЛ

Марка	Класс по ISO	Плотность при 15 °С, кг/м³	Температура, °С		Вязкость кинематическая, мм²/с, при		Индекс вязкости
			вспышки	застывания	40 °С	100 °С	
Turbinol	32*	888	224	-24	68	8,7	100
	46*	901	224	-24	100	11,4	100
	68*	904	238	-24	150	14,5	95
	32EP	907	241	-21	220	18,7	95
	46EP	912	243	-15	320	25	95
Energol RC-R	32	8875	206	-36	34	5,6	102
	46	879	213	-33	48	7,0	104
	68	883	218	-30	70	9,0	102
	100	884	254	-27	97	11,0	98
Energol RC	68	880	209**	-30	68	8,8	104
	100	884	224**	-30	98	11,4	98
	150	897	245**	-12	145	12,7	92
	220*	891	280	-18	211	18,1	94
Energol JS	JS-A	870	150	-40	18,5 (20 °С)	660 (-30 °С)	-
	JS-R	874	150	-55	22,8 (20 °С)	1230 (-30 °С)	[illegible]
	JS-HA	876	150	-55	22 (20 °С)	1300 (-30 °С)	-

* Одобрены ВНИИ НП.
** В закрытом тигле



ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА (табл. 2)

Energol CS — серия высококачественных масел без присадок. Обладают высокой стойкостью против окисления, хорошими деэмульгирующими свойствами.

Имеют широкое применение, включая циркуляционные системы прокатных станов и каландров (подшипники скольжения и качения), вакуумные насосы и гидравлические системы, для которых требуются масла категории ISO HH.

Batran HV — серия **гидравлических масел** экстра-класса с противоизносными присадками, не содержащими цинк. Обладают уникальной фильтруемостью. Совместимы с металлами и материалами уплотнений. Отвечают категориям: DIN 51524/3, ISO 6743/4 (NFE 48-603, 60-203)HV. Одобрены всеми основными изготовителями гидравлических насосов и двигателей: Vickers - превышают М-2952-S, Rexnord-Racine, Mannesmann Rexroth, Sigma-Rexroth, Ford M-6 C 32, Marrel Hydro, Frank Mohn, Sauer.

Применяются для работающих в различных климатических условиях высоконагруженных гидравлических систем подвижной и стационарной техники, включая строительные и дорожные машины (ISO 32), высокоточные станки и копировальные машины.

Energol HLP-HM — серия высокоэффективных **гидравлических масел.** Характеризуются отличной фильтруемостью (используются с фильтрами от 6 мкм) в сочетании с высокими противоизносными, противоокислительными, антикоррозионными и противопенными свойствами. Совместимы с металлами и материалами уплотнений. Соответствуют: DIN 51524/2HLP, ISO 6743/4 (NFE 48-603, 60-203)HM. Одобрены к применению многими основными изготовителями гидравлических насосов и двигателей: Hagglunds-Denison HF-0, HF-2; Vickers - превышают М-2952-S; Rexnord-Racine, Mannesmann Rexroth Hydromatik; Sigma-Rexroth; Cincinnati Milacron.

Energol GR-XP — серия высокоэффективных **редукторных масел** с противозадирными присадками, содержащими серу и фосфор и не содержащими свинец. Обладают уникальной термической стабильностью, высокой несущей способностью, отличными противокоррозионными и противопенными свойствами, деэмульгирующей способностью и стойкос-

тью к окислению. Вязкостные характеристики обеспечивают малый начальный крутящий момент в условиях низких температур. Соответствуют: DIN 51517/3, AGMA 250.04, US Steel 224.

Применяются для циркулярного смазывания или смазывания из масляной ванны цилиндрических, геликоидальных и червячных передач.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ МАСЕЛ

Марка	Класс по ISO	Плотность при 15 °С, кг/м³	Температура, °С		Вязкость кинематическая, мм²/с при		Индекс вязкости
			вспышки	застывания	40 °С	100 °С	
Energol CS	10	886	153	-24	9,5	2,45	70
	22	873	195	-12	22	4,5	95
	32	874	204	-12	30	5,1	100
	46	878	210	-9	46	6,7	98
	68	881	222	-9	68	8,6	96
	100	884	263	-9	96	11,1	96
	150	887	266	-9	150	14,5	95
	220	888	266	-9	220	18,8	95
	320	895	271	-9	320	24,0	95
	460	899	291	-9	435	30,0	95
Batran HV	15	874	160	-51	15	3,8	152
	22	872	178	-42	22	5	155
	32	875	200	-39	33	6,3	153
	46	882	204	-36	46	8,2	152
	68	885	208	-39	70	10,8	142
	100	890	218	-33	100	13,4	133
Energol HLP-HM	10	861	162	-45	11	2,6	80
	22	875	192	-30	22	4,21	90
	32	876	216	-30	33	5,4	100
	46	879	225	-30	46	6,76	100
	68	882	240	-30	68	8,7	100
	100	886	246	-24	100	11,4	100
	220	893	270	-24	220	19,6	100
Energol GR-XP	68	888	224	-24	68	8,7	100
	100	901	224	-24	100	11.4	100
	150	904	238	-24	150	14,5	95
	220	907	241	-21	220	18,7	95
	320	912	243	-15	320	25	95
	460	919	243	-9	425	27,2	88
	680	926	246	-9	630	34.2	85
	1000	940	240	-9	950	43	82

ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ (табл. 3)

Energrease L2 — высококачественная пластичная смазка, специально разработанная для применения в автомобильной технике.

Применяется как смазка общего назначения для транспортных средств и дорожных строительных машин. Пригодна для подшипников колес, шасси, водяных насосов и цепных передач, а также для централизованных смазочных систем.

Energrease L21-M — пластичная смазка, содержащая сульфид молибдена, ингибиторы окисления и коррозии. Отвечает требованиям фирмы Caterpillar к смазкам, содержащим MoS_2, и спецификации фирмы Ford-ESA M1C 71A/75A.

Общего назначения для транспортных средств, дорожных и строительных машин, в частности, для тяжелонагруженных пар с малыми относительными скоростями движения и для пар с возвратно-поступательным движением.

Energrease LS-EP — высококачественные смазки на основе очищенных масел. Многоцелевые и водостойкие. Отвечают требованиям British Timken к смазкам для сталепрокатного производства.

Применяются для подшипников скольжения и качения всех типов оборудования, включая электромоторы, станки, оборудование для текстильной, бумажной и деревообрабатывающей промышленности, а также строительное оборудование. Рекомендуются там, где поверхности подвергаются высоким или ударным нагрузкам

Energrease LC2 — многоцелевая смазка с высокими эксплуатационными свойствами на основе минерального масла и комплексного литиевого мыла. Разработана для обеспечения эффективного смазывания в условиях высоких температур.

Применяется для подшипников, работающих в условиях как высоких температур (например, в оборудовании по производству бумаги, в системах приточно-вытяжной вентиляции или в вентиляторах печей), так и высоких нагрузок и вибраций (в сталепрокатных станах, осях железнодорожных поездов и строительном оборудовании).

Energrease LT2 — пластичная смазка на основе специально очищенного маловязкого базового масла. Содержит ингибиторы окисления и коррозии.



BRITISH PETROLEUM

Разработана специально для использования в подшипниках, работающих в условиях низких температур. При нормальных температурах окружающей среды смазка обладает низким сопротивлением вращению подшипника, что делает ее пригодной для высокооборотных подшипников, например для шпинделей шлифовальных машин со скоростными факторами подшипников до 650000. Хорошая прокачиваемость смазки позволяет использовать ее в централизованных смазочных системах.

Energrease ZS — полужидкие смазки на основе высокоочищенных углеводородных синтетических масел. Содержат присадки, придающие им высокие адгезионные свойства, стойкость к воде, антикоррозионные свойства и несущую способность. *Energrease ZS 00* одобрена Mercedes Benz; MAN 283 9 (Li-P 000); Koopmans (централизованные системы); Vogel. *Energrease ZS 0* одобрена Mercedes-Benz, Schubler.

Применяется для централизованных смазочных систем грузовых автомобилей, автобусов, дорожных и строительных машин.

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

Марка	Класс по NLGI	Тип загустителя	Пенетрация при 25 °С после 60 циклов перемешивания	Температура каплепадения, °С	Диапазон рабочих температур, °С	Цвет
Energrease L2	2	Литиевое мыло	265 ... 295	195	-25 ... +130	Светло-коричневый
Energrease L21-M	2	Литиевое мыло	265 ... 295	190	-25 ... +130	Черный
Energrease LS-EP	1	Литиевое мыло	310 ... 340	190	-25 ... +140	Коричневый
	2	Литиевое мыло	265 ... 295	195	-25 ... +140	Коричневый
	3	Литиевое мыло	220 ... 250	195	-25 ... +140	Коричневый
Energrease LC2	2	Комплексное литиевое мыло	265 ... 295	>240	-30 ... +160, кратковременно до +180	Коричневый, непрозрачный
Energrease LT2	2	Литиевое мыло	265 ... 295	194	-50 ... +130	Светло-коричневый
Energrease ZS	0	Литиево-кальциевое мыло	355 ... 385	175	-40 ... +120	Зеленый
	00/000		420 ... 460	165	-40 ... +120	Зеленый

Примечание. Текстура смазок – гладкая.



BRITISH PETROLEUM

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТОВ BRITISH PETROLEUM ДЛЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И МИКРОАВТОБУСОВ

МОТОРНЫЕ МАСЛА

VISCO 5000 5W-40
VISCO 3000 10W-40
VISCO 2000 15W-40
VISCO 2000 PLUS 5W-30
VISCO DIESEL 15W-40
BP MOTOR OIL 10W-30
Vanellus C3 Extra 15W-40, 20W-50
Vanellus C3 10W, 20W, 20W-20, 30, 40, 50

ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА

Energear SGX 75W-90 (GL-4 / GL-5)
Energear EP 80W, 90, 80W-90 (GL-4)
Energear HTX 220 (для BMW)
Energear Hypo 75W-90, 80W-90, 90, 85W-140 (GL-5)
Energear FE 80W-140 (GL-5)
Energear Hypo TL 75W/80W (GL-5)
Energear Limslip 90 (GL-5)
Energear SHX 75W-90 (BMW, GL-5)
Energear SHX-LS 75W-90 (BMW, GL-5)
Energear SHX-ZR 75W-140 (BMW, GL-5)

ОХЛАЖДАЮЩАЯ ЖИДКОСТЬ

BP Antifreeze (концентрат)

В подшипники и другие точки смазки

ЖИДКОСТИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ (и некоторых механических) ТРАНСМИССИЙ

Autran DX III (Dexron III, Ford Mercon)
Autran LTF (Dexron IIE, Ford Mercon)
ATF 900 (Ford M2C 33G)
Autran MBX (Dexron IID)
Autran GM-MP (GM Type A)
Autran MM-SP (Mitsubishi Magna, Hyundai)
Autran MM-SPII (Mitsubishi, Hyundai)
Autran MT 75 (Ford M2C 186 A)

ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ

Energrease L21M (MoS_2, NLGI 2)
Energrease LS-EP – серия
Energrease L2 (NLGI 2)
Energrease LC 2 (NLGI 2)
Energrease LS 3 (NLGI 3)

ПРОЧИЕ ПРОДУКТЫ

Тормозная система: BP Brake Fluid DOT 4
Усилитель рулевого управления: Autran – серия
Гидравлические системы: BP Hudraulic LHM
Промывочное масло: BP Flushing Oil
Бачок омывателя ветрового стекла: BP SCREENWASH Extra – концентрат моющей жидкости



BRITISH PETROLEUM

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТОВ BRITISH PETROLEUM ДЛЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И АВТОБУСОВ

МОТОРНЫЕ МАСЛА

Vanellus HT Extra 10W-40
Vanellus HT 10W-40
Vanellus FE Extra 10W-40
Vanellus FE 10W-40, 10W-30
Vanellus C3 Extra 15W-40, 20W-50
Vanellus C3 Multigrade 10W-30, 15W-40, 20W-50
Vanellus C3 10W, 20W, 20W-20, 30, 40, 50
Vanellus M 10W-30, 15W-40, 20W-50

ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА

Energear HT 75W-90, 80W, 80W-90, 85W-140 (GL-4 / GL-5)
Energear FE 80W (GL-4)
Energear FE 80W-90, 80W-140 (GL-5)
Energear DL 80W, 90, 80W-90, 85W-140 (GL-4 / GL-5)
Energear Hypo 80W, 90, 140, 75W90, 80W-90, 85W-140 (GL-5)
Energear EP 80W, 90, 140, 80W-90, 85W-140 (GL-4)

ОХЛАЖДАЮЩАЯ ЖИДКОСТЬ

BP Antifreeze (концентрат)

В подшипники и другие точки смазки

ЖИДКОСТИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ (и некоторых механических) ТРАНСМИССИЙ

Autran GM-MP (GM Type A)
Autran DX II (Dexron IID)
Autran MBX (Dexron IID)
Autran LTF (Dexron IIE, Ford Mercon)
Autran DX III (Dexron III, Ford Mercon)
Autran 4, SAE 10W, 30, 50

ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ

Energrease L2 (NLGI 2)
Energrease LS-EP – серия
Energrease L21M (MoS_2, NLGI 2)
Для централизованных систем:
Energrease ZS 00 (NLGI 00 / 000)

ПРОЧИЕ ПРОДУКТЫ

Тормозная система: BP Brake Fluid DOT 4
Усилитель рулевого управления: Autran – серия
Гидравлические системы: BP Hudraulic LHM, Batran - серия
Промывочное масло: BP Flushing Oil



Castrol – известная во всем мире марка смазочных материалов и самая известная торговая марка в Burmah Castrol Group, основанной в 1899 г. Штаб-квартира компании находится в Свиндоне (Великобритания) – на родине ее основателя Чарльза Вейкфилда.

Фирма **Castrol** является ведущим специалистом в области разработки и производства высококачественных смазочных материалов для автомобильного, авиационного, водного и железнодорожного транспорта, индустриального сектора и большого спорта. Сегодня ее продукция представлена более чем в 150 странах.

Никогда не останавливаясь на достигнутом, специалисты **Castrol** особое внимание уделяют внедрению новых технологий и производству на их базе смазочных материалов, которые по своим эксплуатационным параметрам значительно превышают требования, предъявляемые стандартами и классификациями автомобильных компаний и исследовательских институтов. Благодаря этому история **Castrol** отмечена многими достижениями. Вот только некоторые из них:

1909 г. Появление моторного масла на основе касторового масла.

1935 г. Castrol первым в мире использовал патентованные присадки к моторному маслу: органические соединения хрома добавлялись для увеличения срока службы двигателя.

1938 г. Химики **Castrol** добились повышения текучести масла и создали его первые маловязкие модификации для мощных двигателей.

1949 г. Компания Deutsche Castrol GmbH, основанная в Гамбурге, внедряет моторные масла с антикоррозионными и антиокислительными присадками.

1952 г. Castrol предлагает совершенно новое масло с малой вязкостью для гоночных DB Silberpfeil автомобилей-триумфаторов.

1966 г. Castrol представляет моторные масла с патентованными присадками Castrol Tungsten для улучшенной защиты от износа.

1975 г. Мировая премьера – **Castrol** внедряет масло класса вязкости SAE 15W-40.

1976 г. Внедрение полностью синтетического моторного масла класса вязкости SAE 15W-50.

1986 г. Мировая премьера – для защиты катализаторов специально создано моторное масло с пониженным содержанием фосфора.

35 — 1890



1993 г. Презентация полностью синтетических масел для грузовиков.
1995 г. Мировая премьера — создано полностью синтетическое моторное масло с самой низкой вязкостью (SAE 0W-30) для значительного снижения расхода топлива и защиты двигателя от износа.

Для **Castrol** гоночная трасса — это полигон для испытаний. Ни одно революционное достижение ученых в лабораториях **Castrol** не может заменить знания и опыт, полученные благодаря победам в гонках. Этот опыт превращается в "ноу-хау" для продуктов **Castrol** — сегодня и в будущем. Масла **Castrol** обеспечивают великолепную работу двигателя даже в экстремальных условиях. Именно **Castrol** помог преодолеть звуковой барьер и установить рекорд скорости на Земле. Не случайно команда Williams, победитель чемпионата «Формула-1», отдает предпочтение маслам **Castrol**.

На протяжении своей столетней истории **Castrol** действовал быстро и эффективно, удовлетворяя растущие запросы потребителей на всех уровнях: местном, национальном, международном.

В 1991 г. германское подразделение **Castrol** — The Burmah Oil (Deutschland) GmbH открыло свое представительство в Москве, откуда и осуществляется координация деятельности в России и других странах СНГ. Представительство **Castrol** ориентировано на локальный рынок и успешно использует знания, опыт и поддержку, полученные во всем мире, чтобы быстро и эффективно реагировать *на местные специфические запросы.*

Кастрол Центральная и Восточная Европа ГмбХ

Представительство в России:
117334, Москва, Пушкинская наб., 8а.
Тел.: (095) 958-10-05, 958-10-41. Факс: (095) 958-10-24.

Представительство в Беларуси:
220059 Минск, ул. Клары Цеткин, 16, 7 эт. Тел./факс: (0172) 20-49-44.

Представительсао на Украине:
253094, Киев, ул. Лебедева, 6. Тел.: (044) 559-13-12, 573-35-31. Факс: (044) 573-35-32.

Представительство в Квзахстане:
480005, г. Алматы, Толе би, 217. Тел.: (3272) 40-76-39. Факс: (3272) 41-69-79.

Представительство в Узбекистане:
700115, г. Ташкент, ул. Чилансарская, 1а. Тел.: (3712) 77-27-01. Факс: (3712) 77-36-37.

Представительство в Кавказском регионе:
Азербайджан, г. Баку, ул. Миргазимова, 4/53. Тел./факс: (8922) 97-42-43.



МОТОРНЫЕ МАСЛА ДЛЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ (табл. 1)

Castrol FORMULA SLX - полностью синтетическое масло, обладающее качественно новыми свойствами. Первое в мире масло с вязкостью 0W-30. Особый класс вязкости и улучшенные фрикционные свойства масла обеспечивают высокую экономию топлива.

Castrol FORMULA RS RACING SYNTEC — полностью синтетическое масло высшего класса. Выдерживает исключительные нагрузки при любых условиях и отличается очень низким расходом.

Castrol TXT SOFTEC PLUS — синтетическое масло, обеспечивает высокую чистоту деталей и узлов двигателя, повышенную защиту кулачков и толкателей клапанов от износа. Характеризуется низкой испаряемостью.

Castrol GTX 5 LIGHTEC — полусинтетическое масло, разработанное с использованием гидрокрекинга. Характеризуется хорошей текучестью при низких температурах, низкой испаряемостью, высокими противоизносными свойствами. Благодаря очень хорошей термостойкости смазочная пленка выдерживает значительные нагрузки и остается устойчивой к давлению при высоких температурах и больших пробегах.

Castrol GTX 3 PROTEC — минеральное масло, обеспечивающее надежную защиту кулачков и толкателей клапанов от износа. Протестировано в двигателях с турбонаддувом. Гарантирует минимальное для минеральных масел шламо-, лако- и нагарообразование. Обладает низкой испаряемостью.

Castrol GTX, Castrol XLR — высококачественные минеральные масла, обладающие очень хорошими высокотемпературными свойствами. Низкие потери на испарение приводят к уменьшению расхода масла. Современная комбинация присадок обеспечивает оптимальную защиту от износа.

МОТОРНЫЕ МАСЛА ДЛЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ (табл. 2)

Castrol SYNTRUCK — полностью синтетическое моторное масло для дизелей. По уровню качества превышает требования к маслам для дизелей с наддувом и без него. Новая формула базового синтетического масла, облегчающего пуск, способствует щадящему воздействию на двигатель, значительному уменьшению трения. Применение масла гарантирует надежность и экономичность двигателя при температурах от -40 до +30 °С и выше.

35*



1. ХАРАКТЕРИСТИКИ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Классификации и показатели	SLX	RS Rasing Syntec	TXT Softec Plus	GTX 5 Lightec	GTX 3 Protec	GTX	XLR
Классификации							
SAE	0W-30	10W-60	5W-40	10W-40	15W-40	15W-40	15W-50
API	SJ/CF/ ECII	SJ/CF	SJ/CF/EC	SJ/CF/EC	SJ/CF	SG/CD	SF/CC
ACEA	A3, B3	A3, B3	A3, B3	A3, B3	A2, B2	-	-
VW	500.00/ 505.00/ 502.00	501.01/ 505.00	500.00/ 505.00	500.00/ 505.00	501.01/ 505.00	-	-
BMW	+	+	+	+	-	-	-
Mercedes- Benz	229.1	229.1	229.1	229.1	229.1	226.1	-
Porsche	+	+	+	+	+	-	-
Свойства							
Вязкость:							
кинематическая мм²/с:							
при 40 °С,	64,4	165,5	81,3	101,0	107,0	123,3	140,0
при 100 °С	11,6	24,3	13,3	14,9	14,2	16,0	19,4
динамическая, мПа·с при 150 °С	3,5	5,7	-	4,0	4,0	4,0	
по методу CCS, мПа·с при -15 °С	3100 (-30°С)	3300 (-20°С)	3200 (-20°С)	3400 (-20°С)	3300	3200	3300
Индекс вязкости	184	179	169	154	134	140	-
Температура, °С:							
вспышки	228	240	230	218	224	230	-
застывания	-66	-57	-42	-39	-27	-33	-30
Общее щелочное число, мг KOH/г	8,7	8,6	8,5	9,4	9,2	9,2	7,3
Цвет	Зеленый	Коричневый	Светло-коричневый	Янтарный	Янтарный	Янтарный	Янтарный
Плотность при 15 °С, кг/м³	854	856	859	875	885	884	-

Castrol DYNAMAX — синтетическое масло для дизелей. Удовлетворяет повышенным требованиям к смазочным материалам для современных двигателей EURO II и перспективных двигателей EURO III. Особенно эффективно в тех случаях, когда производителем допускаются длительные интервалы между заменами масла.

Castrol TURBOMAX — масло для крайне тяжелых условий работы (SHPD) и больших интервалов между заменами. Обеспечивает работу с незначительным износом, а также идеальную чистоту двигателя даже в



2. ХАРАКТЕРИСТИКИ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Классификация и и показатели	Syntruck	Dynamax	Turbomax	RX Super SP	CRB	Agri MP
Классификации						
SAE	5W-40	10W-40	15W-40	15W-40	15W-50	15W-30
API	CF	CF	CE/CF/CF-4	CG/CF-4	CD	SF/CE/GL-4
ACEA	E3	E3	E3	E2/B2	-	-
DAF	+	-	+	-	-	-
IVECO	+	+	-	-	-	-
MAN	QC 13-017	QC 13-017	QC 13-017	271	-	-
MB	228.5	228.5	228.3	228.1	-	-
VOLVO	VDS-2	VDS-2	VDS-2	VDS	-	-
SCANIA	LDO	+	LDO	-	-	-
RENAULT	+	+	D5R	-	-	-
STEYR	+	-	-	-	-	-
KHD	+	+	+	-	-	-
Свойства						
Кинематическая вязкость мм²/с:						
при 40 °С	85,7	91,2	118,4	105,4	135,0	-
при 100 °С	13,7	13,3	15,8	14,0	17,4	11,1
Динамическая вязкость по методу CCS при -15 °С, мПа·с	3300 (-25 °С)	3400 (-20 °С)	3300	3200	3400	3500
Индекс вязкости	163	146	142	135	154	125
Температура, °С						
вспышки	252	240	228	230	-	232
застывания	-60	-45	-27	-33	-24	-33
Общее щелочное число, мг KOH/г	-	17,4	11,4	12,0	10,1	9,0
Плотность при 15 °С, кг/м³	860	-	880	-	-	887

тяжелых условиях при применении в дизелях с турбонаддувом и без. Отработанная высокоразвитая технология производства Castrol TURBOMAX гарантирует экономичность, надежность и большой ресурс двигателя.

Castrol RX SUPER SP — масло для тяжелых условий работы дизелей легковых и грузовых автомобилей с турбонаддувом и без него, а также всех бензиновых двигателей грузовых автомобилей. Поэтому его использование особенно целесообразно в смешанном грузовом автопарке.

Castrol CRB — малозольное масло, которое может применяться почти во всех дизелях без наддува. По сравнению с классическими маслами

SAE 15W-40 и сезонными маслами имеет меньший расход. Отличается устойчивостью смазывающих свойств при высоких температурах и пониженным нагарообразованием в двигателе.

Castrol AGRI MP — универсальный смазочный материал для сельскохозяйственной техники. Может применяться как моторное, трансмиссионное и гидравлическое масло. При его использовании требуется меньше смазочного материала обеспечивается надежное функционирование узлов и агрегатов как при низких, так и при высоких температурах.

Соответствует и превышает следующие требования и нормы: **API CE/SF, API GL-4**; **CCMC D4**; MIL-L 2104D, MIL-L 46152; FORD M 2 C 159 B; Allison C3, C4; Caterpillar TO2; Massey Ferguson M1139; John Deere J20A.

ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА (табл. 3)

Castrol SYNTRANS — синтетическое масло для коробок передач грузовых автомобилей. Обеспечивает великолепное смазывание и легкий ход автомобиля. Превосходные качества масла подтверждены при проведении международных испытаний.

Соответствует требованиям и нормам: **SAE 75W-85W; API GL-4;** ZF TE-ML-02; Kдssbohrer; DAF; Mercedes-Benz; Unimog; ZF TE-ML-01; IVECO.

Группа масел SMX — синтетические трансмиссионные масла с отличными синхронизирующими свойствами, обеспечивающие легкое переключение передач при низкой температуре. Благодаря высокой термостойкости и слабому окислению обеспечивают чистоту деталей трансмиссии, понижение рабочей температуры (до 15 °С).

Castrol SMX — применяется во всех коробках передач, для которых требуется трансмиссионное масло в соответствии со стандартом качества API GL-4. Можно использовать для пяти- и шестиступенчатых коробок передач современных автомобилей. Имеет допуски фирм Hyundai, Peugeot, Nissan.

Castrol SMX-S особенно подходит для трансмиссий Subaru «Justy», Honda, Daihatsu, Volvo 850, Chrysler Neon, Chevrolet Blazer.

Castrol SMX-B — масло, специально разработанное для всех трансмиссий, которым свойственно шумное переключение, в том числе, для механических коробок передач BMW с четырехцилиндровыми двигателями выпуска с 1990 модельного года.

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ

Показатель	Syntrans	SMX	SMX-S	SMX-O	SMX-B	TAF-X	TAF-XS	SAF-X	SAF-XJ	SAF-XD	EPX-90	EP-90
Классификации												
SAE	75W-90	75W-90	75W-85W		75W-90	75W-90	75W-90	75W-140	75W-140	75W-90	90	90
API	GL-4/5	GL-4	GL-4	GL-4	GL-4	GL-4/5	GL-4	GL-5/6	GL-5	GL-5	GL-5	GL-4
Свойства												
Вязкость:												
кинематическая, мм²/с:												
при 40 °С	87,8	88	67	74,5	101	76	76	182	179	103	165	144,5
при 100 °С	15,2	16,3	11,5	12	15	14	14,6	25	124,7	15,6	16	15
по Брукфильду, мПа·с:												
при -12 °С	-	1700	1370	1660	2400	1900	1350	5750	4960	2500	20000	14600
при -26 °С	-	8100	5500	5930	9100	5200	4300	2200	21300	11000	-	-
при -40 °С	75000	108000	24000	29400	50000	31500	26150	141000	130000	50000	-	-
Индекс вязкости	184	198	164	158	157	200	202	171	170	162	100	105
Температура, °С:												
вспышки	-48	225	228	218	242	224	220	-54	-54	-57	-25	-26
застывания	164	-45	-60	-60	-57	-51	-54	220	206	224	210	220
Пенообразование. (Тест Foam seq. I/II/III)	-	0/5/0	0/0/0	0/5/0	0/5/0	0/5/0	0/5/0	0/5/0	0/20/0	0/10/0	0/0/0	0/0/0
Плотность при 15 °С, кг/м³	896	881	871	860	851	864	865	867	864	858	900	900



Castrol SMX-O – масло, специально разработанное для всех переднеприводных автомобилей Opel с ручным переключением передач и многоступенчатой синхронизацией. Отвечает требованиям Opel BO 40 1067.

Группа масел TAF — полностью синтетические трансмиссионные масла для ведущего моста в блоке с коробкой передач. Обеспечивают легкий пуск, прекрасное холодное переключение и отличную синхронизацию. Обладают очень хорошими синхронизирующими свойствами при покрытии синхронизаторов молибденом или цветными металлами, благодаря слабому окислению поддерживается чистота деталей трансмиссии.

Castrol TAF-X – масло, первоначально разработанное для коробок передач автомобилей фирмы VW. Используется в тех случаях, когда обычное масло категории GL-4 не отвечает предъявляемым требованиям.

Castrol TAF-XS – масло, специально разработанное для коробок передач Suzuki «Swift» и «Vitara», а также для ведущих мостов в блоке с коробкой передач Subaru. Может применяться в коробках передач, а также в ведущих мостах в блоке с коробкой передач, для которых необходимо трансмиссионное масло категории GL-4.

Группа масел SAF — полностью синтетические масла для ведущих мостов. Характеризуются широким диапазоном вязкости и обеспечивают превосходную защиту от износа. Обладают хорошими антиокислительными свойствами и смазочной устойчивостью. Прекрасная текучесть при низких температурах и отличные высокотемпературные свойства позволяют применять эти масла в широком диапазоне температур.

Используются во всех задних мостах, а также в ручных коробках передач, для которых требуется смазочный материал, соответствующий требованиям API GL-5.

Castrol SAF-X – масло, прекрасно зарекомендовавшее себя в ходе дорожных испытаний в тяжелых условиях эксплуатации гоночных автомобилей, автомобилей повышенной проходимости и полноприводных автомобилей, в которых применяется блокировка дифференциалов.

Castrol SAF-XJ – масло для приводов осей автомобилей повышенной проходимости и полноприводных автомобилей. Предназначено специально для дифференциалов с блокировкой в полноприводных автомобилях, для которых требуется «Limited Slip Oil» класса API GL 5.

Castrol SAF-XO – масло, специально разработанное для задних мостов BMW без пластинчатых дифференциалов с блокировкой.



Castrol EP 80, EP 90 — универсальные трансмиссионные масла, с большим количеством противозадирных присадок. Применяются во всех коробках передач, а также в приводах осей без гипоидного зацепления.

Castrol EPX 80, EPX 90 — современные трансмиссионные масла на нефтяной основе, предназначенные для гипоидных передач. Благодаря самым современным противозадирным присадкам они обладают превосходными противоизносными свойствами.

МАСЛА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ (табл.4)

Castrol AMX — универсальное синтетическое масло для автоматических коробок передач легковых и грузовых автомобилей, а так же для систем рулевого управления с сервоприводом.

Благодаря отличным низкотемпературным свойствам масло быстро поступает во все критические узлы смазки, а благодаря высокой стабильности вязкости обеспечивает эффективную работу трансмиссии в течение

4. ХАРАКТЕРИСТИКИ МАСЕЛ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

Классификации и показатели	AMX	TRANSMAX Z	TQ-Dexron III	TQ-Dexron II	TQ	TQ-F
Классификации						
SAE	75W-80W	70W-80W	-	-	-	-
API	GL-3/4	GL-3/4	-	-	-	-
Свойства						
Вязкость:						
кинематическая, мм²/с:						
при 40 °С	38	38	35	36,8	39,0	-
при 100 °С	7,4	7,5	7,0	7,4	7,2	7,0
по Брукфильду, МПа·с						
при -12 °С	600	535	-	-	1000 (при -18 °С)	-
при -26 °С	2900	2000	-	-	-	-
при -40 °С	17300	8400	18000	-	-	-
Индекс вязкости	176	169	160	174	150	170
Температура, °С:						
вспышки	208	228	188	200	195	192
застывания	-54	<-60	-48	-42	-44	-42
Пенообразование. (Тест Foam seq. I/II/III)	0/10/0	0/5/0	-	-		-
Плотность при 15 °С, кг/м³	864	836	865	875	883	880

36 — 1890

длительного периода. Низкая склонность к пенообразованию способствует хорошему смазыванию, предотвращает чрезмерное повышение температуры и уменьшает вероятность отказа агрегата.

Castrol TRANSMAX Z — полностью синтетическое масло. Отличается от обычных ATF 100%-й абсолютной устойчивостью смазочных свойств. Обычные ATF уже через первые 5000 км теряют до 35% первоначальной вязкости, при этом в коробке передач повышается уровень шума и усиливается износ. Mitsubishi рекомендует это масло для всех коробок передач.

Castrol TQ DEXRON II D-22765 — универсальное масло для автоматических коробок передач легковых и грузовых автомобилей, сельскохозяйственных и дорожно-строительных машин, для промышленного оборудования, гидравлических систем морских судов. Обладает превосходной удерживающей способностью и термостойкостью. Защищает от износа и коррозии.

Допуски при использовании в автосервисе: DEXRON II D, класс № D-22765; Daimler-Benz, листы 236.5 (для трансмиссий Allison AT и MT) и 236.6; Voith DIWA D 851 серия; Renk; ZF TE-ML 03, TE-ML 11; Volkswagen; Volvo; GM/Opel.

Допуски при использовании в трансмиссиях и гидравлических системах: Allison тип C-3; Caterpillar TO-2; Denison HF-O; Sperry Vickers M-2950-S, I-286-S; Sundstrand 22-2132 (поршневой насос)

Castrol TQ — масло для коробок передач, усилителей рулевого управления и прочих гидравлических приводов Mercedes-Benz.

Castrol TQ-F — высококачественное масло, отвечающее специальным требованиям Ford к жидкостям для автоматических коробок передач.

Великолепные фрикционные свойства способствуют уменьшению проскальзываний в гидротрансформаторе и гарантируют безупречное функционирование автоматической системы управления.

Применяется для автоматических коробок передач, систем рулевого управления с сервоприводом и гидравлических систем.

Отвечает требованиям спецификаций: ESP-M2C-33 G; ESP-M2C-33 F; SQM-2C-9007 AA; SQM-2C-9004 BA. *Допущено* BORG-BARNER.

Castrol TQ DEXRON III — высококачественное масло на минеральной основе. Благодаря исключительной низкотемпературной текучести масло значительно облегчает работу систем рулевого управления с сервоприводом, для которых предписана жидкость ATF типа Dexron III. Совместимо со всеми жидкостями для автоматических трансмиссий на нефтяной и синтетической основе.

Акционерное общество **ESSO** — член концерна EXXON — со штаб-квартирой в г. Гамбурге после «открытия» Восточной Европы наряду со своей деятельностью в Германии занимается сбытом горюче-смазочных материалов на рынках стран Восточной Европы и бывшего Советского союза.

EXXON является крупнейшим в мире производителем базовых масел для смазочных материалов. Эту работу осуществляют почти 82 тысячи сотрудников более чем в 80 странах мира.

На российском рынке активно работает Представительство компании **ESSO** по СНГ, которое находится в Москве, а также создана и постоянно расширяется сеть фирм-дистрибьюторов во многих городах бывшего СССР.

Ассортимент смазочных материалов, доступных пользователям, составляет около 600 наименований. Это масла для газовых двигателей, смазочно-охлаждающие жидкости для металлообработки, масла-теплоносители, медицинские, вазелиновые, технологические, формоотделяющие, изоляционные, антикоррозионные, биологические масла. Большое количество смазочных материалов предназначено для применения в горной промышленности и строительной индустрии.

Для своих клиентов компания **ESSO** предлагает фирменную сервисную программу обслуживания, имеющую следующие преимущества:

- высочайшее качество и разнообразие — удовлетворяет любые запросы клиента;
- надежная система поставок — централизованные крупные поставки и поставки через дистрибьюторскую сеть;
- индивидуальная работа с клиентом — опытные инженеры и специалисты дают консультации по всем техническим вопросам; посещение клиента инженером-специалистом всегда бесплатно и крайне редко напрасно;
- нестандартное решение проблем смазывания — специальные высококачественные смазочные материалы могут избавить Вас от многих специфических проблем;
- организация комплексной программы смазывания — «под ключ».



МОТОРНЫЕ МАСЛА ДЛЯ ЛЕГКОВЫХ МАШИН И МИКРОАВТОБУСОВ

Марка	SAE	API	ACEA	Допуски/Стандарты	Применение
ESSO ULTRON	0W-30	SH/CF; SH EC-II	A3/B3	VW 500.00/505.00; BMW «Special Oils»	Полностью синтетическое масло для любых двигателей легковых автомашин последнего поколения
	5W-40	SJ/CF; SH EC	A3/B3	MB 229.1; BMW «Special Oils»; Peugeot; Porsche; VW 500.00/505.00	Полностью синтетическое масло для любых двигателей легковых автомашин
ESSO ULTRON DIESEL	5W-40	CF	B3	Peugeot; VW 505.00	Для любых дизелей легковых автомобилей, включая двигатели с непосредственным впрыском топлива
ESSO ULTRA	10W-40	SJ/CF	A3/B3	MB 229.1; BMW «Special Oils»; Peugeot; VW 500.00/505.00	Полусинтетическое масло для любых двигателей легковых автомашин
ESSO ULTRA DIESEL	10W-40	CD	B3	Peugeot; VW 505.00	Полусинтетическое масло для любых дизелей легковых автомашин
ESSO UNIFLO	10W-40 15W-40	SJ/CF	A2/B2	Peugeot; VW 501.01/505.00	Всесезонное минеральное масло для любых двигателей легковых автомобилей
ESSO UNIFLO DIESEL	15W-40	CF	B2	Peugeot; VW 505.00; MB 228.1	Всесезонное минеральное масло для любых дизелей легковых автомобилей
ESSO EXTRA	10W-30 15W-40	SF/CC	-	-	Всесезонное моторное масло для легконагруженных бензиновых двигателей и дизелей

МОТОРНЫЕ МАСЛА ДЛЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, АВТОБУСОВ И СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Марка	SAE	API	ACEA	Допуски/Стандарты	Применение
ESSOLUBE XTS 501	10W-40	CF	E4	MB 228.5; MAN M 3277; Volvo VDS-2; Perkins	Полусинтетическое масло высшего качества для дизелей Евро-2 при самых длительных интервалах замены масла
ESSOLUBE XTS 301	10W-40	CF/SG	E2/B2/A2	MB 228.1; MAN 271; Volvo VDS; Perkins; VW 500.00/505.00	Полусинтетическое масло для дизелей с турбонаддувом при удлиненных интервалах замены масла
ESSOLUBE XT 401	15W-40	CF	E3/B2	Renault E3R; MB 228.3; MAN M 3275; Volvo VDS-2; Perkins; Allison C-4	Для высоконагруженных дизелей с наддувом при удлиненных интервалах замены масла



МОТОРНЫЕ МАСЛА ДЛЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, АВТОБУСОВ И СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ (продолжение)

Марка	SAE	API	ACEA	Допуски/Стандарты	Применение
ESSOLUBE XT 301	15W-40	CG-4/ SG	E2/ B2/A2	Renault E2R; MB 228.1; MAN 271; Volvo VDS; Allison C-4; Perkins; MTU type 1; VW 501.01/505.00	Всесезонное масло для дизелей с турбонаддувом грузовиков и строительной техники, а также смешанного парка
ESSOLUBE XT 201	15W-40	CF-4/SF	CCMC D4	MB 227.1	Для дизелей без турбонаддува при нормальных интервалах замены масла
ESSOLUBE X 301	10W, 20W-20, 30, 40, 50	CF/SG	E2	Allison C-4; MB 228.0; MAN 270; MTU type 1	Для различных агрегатов парков транспортных средств и строительной техники в соответствии с предписаниями изготовителей
ESSOLUBE X 201	10W, 20W-20, 30, 40	CD/SC	-		Сезонное масло для дизелей без турбонаддува, а также для 2-х тактных дизелей, может применяться в качестве обкаточного, компрессорного и гидравлического масла
ESSOLUBE X 202	40	CD/CD-II CF/CF-II	-	Detroit Diesel	Специальное 2-х тактное дизельное моторное масло для дизелей Detroit Diesel
ESSOLUBE X 101	10W, 20W-20, 30, 40	CC/SC	-		Сезонное масло для дизелей без турбонаддува, может применяться в качестве обкаточного, компрессорного и гидравлического масла

СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАСЛА

Марка	SAE	API	Допуски/Стандарты	Применение
UNIFARM	10W-30 15W-30	CE/SF GL-4 CCMC D2/G2	Allison C-3; Allison C-4; Caterpillar TO-2; MIL-L-2105, -2104D; MIL-L-46152B/C; JOHN DEERE JDM J27, J20C; Ford ESN-M2C 159 B/B2/C, 86C, 134C; Massey-Ferguson M1139, M1135; ZF TE-ML 07; CASE MS 1207 STEYER; HLP; HVLP; HLP-D MB 227.1; ZF TE-ML 06, 07	Применяется - как моторное масло для любых дизелей в сельском хозяйстве, - как трансмиссионное масло в передачах и многодисковых сцеплениях, - как гидравлическое масло в системах приводов и устройствах управления
ESSO 2T Special	-	API TC; JACO FC		Для 2-х тактных двигателей мотоциклов, мопедов, мотовелосипедов; газонокосилок, мотопил, снегоуборочных машин; автомашин



ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТА

Марка	SAE	API	Допуски/Стандарты	Применение
ESSO GEAR OIL GP-D	80W 85W-90 85W-140	GL-4	MB 235.1; Volvo; TE-ML 02, 08; MAN 341; TL-VW 726/726X; MIL-L-2105	Для ступенчатых коробок передач и рулевых механизмов, главных передач, кроме гипоидных, автомобилей, локомотивов и т.д.
ESSO GEAR OIL GX-D	80W 85W-90	GL-5	MIL-L-2105 D; TL-VW 727; MAN 342; MB 235; ZF TE-ML 01, 05, 07, 08	Для коробок передач с гипоидными коническими зубчатыми колесами и коническими колесами с круговыми зубьями для главной передачи; карданных приводов и коробок передач мотоциклов
MEHRBEREICHS-GETRIEBEOEL TSM	75W-90	GL-4	Ford ESD-M2C-175 A Opel B 040 1043; MIL-L-2105	Для 5-ступенчатых коробок передач автомобилей с приводом на задний мост
ESSO GETRIEBE-OEL GX	85W-140 75W-90	GL-5	MIL-L-2105 D; Volvo«limited slip»	Для гипоидных передач с большим смещением оси; рулевых механизмов и вспомогательных агрегатов; карданных приводов и коробок передач мотоциклов
GETRIEBEOEL FE	75W-90	GL-4	VW 501.50	Специальное масло для современных 5-ступенчатых коробок передач, передач со смещением оси до 25 мм
ESSO GETRIEBE-OEL LSA	85W-90	GL-5	MIL-L-2105 D; Ford ESW-M2C104-A; ZF TE-ML 05	Для главных передачах с самоблокирующимся дифференциалом с многодисковой муфтой и без нее, главных передач тракторов и автобусов в тяжелых условиях эксплуатации, гипоидных передач со смещением до 25мм, передач с критическими «шумными» режимами
GETRIEBEOEL NLS	75W-90	GL-5	BMW 33-2.1	Специально для главных передач автомобилей BMW с многодисковыми муфтами или вязкостным блокирующим дифференциалом
ESSO GEAR OIL TDL	80W-90	GL-5 (GL-4)	MIL-L-2105 D; ZF TE-ML 01, 02, 05, 07, 08	Для синхронизированных и несинхронизированных ступенчатых коробок передач с гипоидным зацеплением и без него

ТРАНСМИССИОННЫЕ ЖИДКОСТИ

Марка	Сорт	Стандарты/Допуски	Применение
ESSO TORQUE FLUID	10 30 50 56 62	Caterpillar TO-4/2; Allison C-4; Komatsu Microclutch Fluid; Ford ESN-M2C 134D, 41B, 48B, 53A, 86A; John Deere J 20 C; Denison HF-0, 1, 2; Massey Ferguson 1110, 1127, 1129, 1135, 1141; ZF TE-ML 06; Ford ESN-M2C	Для коробок передач, гидросистем, «мокрых» тормозов

ЖИДКОСТИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ

Марка	Сорт	Стандарты/Допуски	Применение
ESSO ATF D (21065)	DEXRON I (21065)	ZF TE-ML 09, 11, 14; VOITH D 851, D 851.2, D 854.2, D 863, D 864, D 854, 502-2, 502-3 (DIWA); BMW Service	Для автоматических коробок передач автомобилей
ESSO ATF TYPE A SUFFIX A	Type A Suffix A	MAN 339 type A; MB 236.2; Renk 5074343/9e (Doromat)	Для автоматических и ручных коробок передач автомобилей, а также рулевых механизмов с усилителем
ESSO ATF D (21611)	DEXRON IID (21611)	MB 236.7; ZF TE-ML 09, 11, 14; VOITH G 607; MAN 339; Renk Doromat; VW Service Fill; Allison C-4	Для автоматических коробок передач автомобилей
ESSO ATF F-30320	DEXRON III DEXRON IID DEXRON IIE	GM DEXRON III, F-30320; Ford Mercon M-92-1253; Allison C-4; MB 236.1, 236.5; NISSAN A/T; VOITH G 607; ZF TE-ML 09, 11, 14	Для автоматических коробок передач автомобилей, рулевых механизмов с усилителем и гидросистем
ATF LT 71141	(DEXRON III)	ZF TE-ML 11; VW TL 521 62	Синтетическая жидкость для автоматических коробок передач автомобилей, работающих в тяжелых условиях с удлиненным сроком замены масла

ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТА

Марка	NLGI	Допуски/Стандарты	Применение
EXXON MEHRZWE-CKFETT	2	DIN 51825 K 2 K-30	Универсальная литиевая смазка для работы в диапазоне температур от -30 до + 130 °С
ESSO MEHRZWE-CKFETT M	2	DIN 51825 K 2 N-30	Универсальная литиевая смазка с MoS_2 для работы в диапазоне температур от −30 до +150 °С
RONEX MP-D	2	DIN 51825 KP 2 N-30; Ford ESA M1C 198A, SAM-1C-9111A; Audi; VW TL 52147 X (#052 147 XO)	Смазка, загущенная литиевым комплексом, для подшипников ступиц колес

ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА

Марка	Сорт	Классификация/ Допуски	Применимо вместо	Основное применение
		Компрессорные масла		
VERDICH-TEROEL	3020 3021N 3022N	VDL 32 VDL 100 VDL 150	K-12 PC-19, K-4-20, KC-19	Для воздушных поршневых и ротационных компрессоров с конечной температурой сжатия до 220 °С, а также вакуумных насосов
KOMPRES-SOROEL	30 40	VCL 100 VCL 150		Для передвижных воздушных компрессоров с конечной температурой сжатия до 220 °С, приводных дизелей (как моторное масло), ресиверов с температурой сжатия до 160 °С, вакуумных насосов
KOMPRES-SOROEL KUEHLOEL	46 68	ECOAIR; KAESER; MAHLE; DEMAG		Для винтовых компрессоров
ESSO COM-PRESSOR OIL RS	32 46 68	VDL Atlas Copco GA, GR XR, XRH; Kaeser		Полностью синтетическое масло для всех ротационных компрессоров
ZERICE	15 22 46 68	KAA 15 KAA 22 KAA 46 KAA 68	XA XA-23 XA-30	Для смазывания и охлаждения поршневых компрессоров при работе на аммиаке Для смазывания и охлаждения роторных, поршневых и турбокомпрессоров при работе на аммиаке
ZERICE S	46 68 100	KC 46 KC 68; GHH; LINDE; SUMAK; STAL-ASTRA; SABROE; AERZENER KC 100; GHH; LINDE; SUMAK; STAL-ASTRA; SABROE; AERZENER	XA-30, ХФ-22-24,	Полусинтетическое масло для установок, работающих как на аммиаке, так и на галоидзамещенных углеводородах (фреон R 12, R 22)
		Цилиндровые масла		
CYLESSO	1500	ISO VG 1500		Для паровых двигателей
SCHMIEROEL	1000	ISO VG 1000	Цилиндровое 52	Для паровых двигателей

ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА (продолжение)

Марка	Сорт	Классификация/ Допуски	Применимо вместо	Основное применение
		Гидравлические масла		
NUTO H	**5** **10** HLP 10 **15** **22** HLP 22 **32** HLP 32 **46** HLP 46 **68** HLP 68 **100** **150**	AFNOR E 48-603; Vickers M-2950-S, I-286-S; Abex Dension HF-O; Cincinnati Milacron Co P 68, P69, P 70; Hagglunds; Mercedes-Benz 341	И-5А, ИГП-4, РМ ИГП-6, ИГП-8 — — ИГП-14 — ИГП-18 — ИГП-30 — ИГП-38Б, ИГП-48 ИГП-49, ИГП-72 ИГП-91	Для гидростатических систем, гидронасосов и гидромоторов, некоторых промышленных передач
UNIVIS N 15, 22, 32, 46, 68, 100	HVLP	Vickers; Cincinnati Milacron; Hagglunds		Для систем с незначительным изменением температур, гидростатических приводов, гидронасосов, гидромоторов с повышенным требованием к маслу по снижению износа
UNIVIS J	13 26	Mercedes-Benz 342	ВМГЗ, ГТ-50	Для гидросистем, работающих при резкой смене температур и при крайне низких температурах
HLPD-OEL 22, 32, 46, 68		DIN 51524 HLPD, кроме деэмульгирующих свойств		Для гидростатического привода, гидронасосов и гидромоторов, где требуются противоизносные присадки, электромагнитных многодисковых сцеплений
HYDRAULIK-OEL HLP 32, 46, 68		DIN 51524 HLP		Для гидростатических приводов с высокими термическими нагрузками и возможностью попадания воды, гидронасосов и гидромоторов, где тредуются противоизносные присадки, промышленных передач, в которых допускается использование масла HLP



ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА (продолжение)

Марка	Сорт	Классификация/ Допуски	Применимо вместо	Основное применение
		Трансмиссионные масла		
SPARTAN EP	68 100 150 220 320 460 680	CLP	ИСП-40 ИСП-65 ИРП-75 ИРП-150 ПС-28 ИТП-200,П-28 ИТП-300,П-40	Для высоконагруженных промышленных передач, работающих при температуре до 120 °С (кратковременно до 140 °С), высоконагруженных подшипников прокатных станов, мельниц, дробилок, строительных машин и т.п.
		Циркуляционные масла		
NUTO	150 220 320 460	CL 150, VBL 150 CL 220, VBL 220 VBL 320 CL 460, VBL 460	«13» К-19 МС-20	Для циркуляционных систем с возможностью попадания воды, подшипников скольжения и качения со средней нагрузкой, промышленных передач, воздушных компрессоров с конечной температурой сжатия до 140 °С, воздушных вакуумных насосов, приводов энергетических установок со средней нагрузкой
NURAY 10, 15, 22, 32, 46, 68, 100, 150, 320		DIN 51501 L-AN DIN 51517 C DIN51506 VB	От И-5А до И-50А	Применяется в качестве смазочных масел для проточной и циркуляционной смазки подшипников скольжения и качения, трансмиссий и т.д., где температура масла на выходе не выше 50 °С; масла для компрессоров
UMLAUFOEL	100	VBL 100, TD 100 HL 100, CL 100	К-12	Для циркуляционных систем с низкой нагрузкой, промышленных передач, воздушных компрессоров с конечной температурой сжатия до 140 °С, воздушных вакуумных насосов, гидросистем с давлением менее 250 бар, паровых и газовых турбин, машин с электрическим и паротурбинным приводом в качестве смазочного масла и жидкости систем регулирования
	460	С 460	П-28, «24»	Для циркуляционных систем и промышленных передач с низкой нагрузкой, паровых машин с температурой пара до 250 °С, паровых и газовых турбин, машин с электрическим и паротурбинным приводом
	М 460	CL 460	ПС-28	Для циркуляционных систем, в которых возможно попадание воды, подшипников скольжения и качения со средней нагрузкой



ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА (продолжение)

Марка	Сорт	Классификация/ Допуски	Применимо вместо	Основное применение
SPINESSO	10	CL 10; HL 10; SKF; BAMAG: Durrkoppwerke GmbH; Koch Adler AG; Pfaff-Industriemaschinen		Для шпинделей с роликоподшипниками текстильных машин, высокооборотных подшипников швейных машин, металло- и деревообрабатывающих станков, для комбинированноого смазывания подшипников и передач шпинделей
	22	CL 22; HL 22; SKF; BAMAG; Durrkoppwerke GmbH; Koch Adler AG; Pfaff-Industriemaschinen		Для петлеобразующих элементов трикотажных и вязальных машин, гидросистем текстильных машин
		Турбинные масла		
TERESSO	32 46 68	DIN 51515 L-TD; DIN 51524 HL; DIN 51517 CL; DIN 51506 VBL и VCL; ABB ASEA BROWN BOVERI; MAN Energie. QM 44-101; SIEMENS KWU; ЛМЗ	ТП-22 ТП-22, Т-30, Кп-8С КП-8	Для паровых, газовых, водяных турбин, машин с электрическим или турбинным приводом, гидростатических систем, в которые возможно попадание воды, воздушных компрессоров с конечной температурой сжатия до 160 °С (стационарные) и до 220 °С (мобильные), промышленных передач
TERESSO EP 46, 77		DIN 51502 L-TDP SIEMENS KWU TLV 9013 04		Для паровых, газовых, водяных турбин, паровых и редукторных турбин высокой мощности, воздушных компрессоров с затоплением маслом, промышленных передач, систем циркуляционной смазки с попаданием воды, промышленных гидросистем
		Масла для направляющих скольжения станков		
FEBIS K	32	DIN 51502 CGLP MAHO, Pfronten ИГСп-18, ИСП-25	ИГСп-18, ИСП-25	Для совместных систем направляющих, гидросистем и передач прецизионных станков при малых нагрузках
	46 68		ИНСп-40	Для сверлильных, фрезерных, токарных и продольно-строгальных, кругло- и плоскошлифовальных станков при средней нагрузке



ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА (продолжение)

Марка	Сорт	Классификация/ Допуски	Применимо вместо	Основное применение
FEBIS K	220		ИНСп-110	Для токарно-карусельных, вертикально- и горизонтальнофрезерных станков, продольнофрезерных станков портального типа, шпинделей подъемного и транспортного оборудования при высоких нагрузках
MILLCOT K 68, 150, 220, 320		Специальные масла с высокой адгезионной способностью	ИНСп-40	Для подшипников, шарниров, болтов, толкателей, направляющих и других узлов текстильных, полиграфических, бумагоделательных и упаковочных машин

ПРОМЫШЛЕННЫЕ СМАЗКИ

Марка	Сорт	Классификация/ Допуски	Применимо вместо	Основное применение
BEACON	2	DIN 51825 K 2 K-30 DIN 51502 K 2 K-30	Солидол С, БН3-31	Для подшипников качения с n*d до 400000 мм/мин и подшипников скольжения
	3	DIN 51825 K 3 K-30 DIN 51502 K 3 K-30	Литол-24, Фиол-3, ЖРО	Применяется при температурах от – 30 до + 140 °С. Для подшипников качения с n*d до 400000 мм/мин, подшипников скольжения, электродвигателей Ansaldo, подшипников осей трамваев
BEACON EP	1	DIN 51825 KP 1 K-30 DIN 51502 KP 1 K-30	Фиол-1	Применяется при температурах от – 30 до + 120 °С. Для подшипников качения и скольжения с централизованной смазочной системой, для передач (например, переносной электроинструмент)
	2	DIN 51825 KP 2 N-30 DIN 51502 KP 2 N-30	Фиол-2	Применяется при температурах от – 25 до + 140 °С. Для подшипников рабочих и опорных валков прокатных клетей, стяжных и ходовых винтов, подшипников и парах трения строительных машин, осевых подшипников рельсового транспорта, роликовых и игольчатых подшипников



ПРОМЫШЛЕННЫЕ СМАЗКИ (продолжение)

Марка	Сорт	Классификация/ Допуски	Применимо вместо	Основное применение
UNIREX N	2	DIN 51825 K 2 P-30 DIN 51502 K 2 P-30		UNIREX N 2 применяется при температурах от – 30 до + 155 °С, UNIREX N 3 — от – 20 до + 165 °С
	3	DIN 51825 K 3 P-20 DIN 51502 K 3 P-20 Opel B 0401111 Ford ESA-M1 C 165 A MAN 284, BMW	Фиол-3, ЛЗ-31	Для подшипников качения с высокими нагрузками в осветительных и обычных генераторах, электродвигателях, центрифугах, велосипедных ступицах, муфтах; при высокой температуре – для подшипников воздуходувок, вентиляторов, печных вагонеток, сушилок и т.п.
UNIREX S 2		DIN 51825 KE 2 S-50 DIN 51502 KE 2 S-50	ЦИАТИМ-201 ЦИАТИМ-221	Применяется при температурах от – 50 до + 200 °С. Для подшипников качения с высокими механико-динамическими и термическими нагрузками, подшипников качения с высокими частотами вращения
UNIREX LOTEMP EP 1-2		DIN 51825 KP 1-2 G-55 DIN 51502 KP 1-2 G-55	ЦИАТИМ-203, ЛИТА, ЗИМОЛ, МС-70	Применяется при температурах от – 55 до + 110 °С (при частой замене до 150) Для подшипников скольжения и качения с высокими механическими нагрузками и низкой температуре эксплуатации
ESSO GP GREASE		DIN 51825 K 2 P-25 DIN 51502 K 2 P-25	«ГЕРМЕТОЛ», «ЯНТАРЬ»	Применяется при температурах от – 25 до + 150 °С. Для металлокерамических подшипников скольжения винтовых конвейеров, подшипников качения различных конструкций; в качестве уплотнительной смазки
EP LANGZEITFETT		DIN 51825 KP 2 K-30 DIN 51502 KP 2 K-30		Применяется при температурах от – 30 до + 140 °С. Для машин в подземном, дорожном строительстве, горной добыче. сельском хозяйстве, шлюзах и т.п., работающих в условиях повышенной влажности



ПРОМЫШЛЕННЫЕ СМАЗКИ (продолжение)

Марка	Сорт	Классификация/ Допуски	Применимо вместо	Основное применение
ESSO MULTIPURPOSE GREASE (MOLY)		DIN 51825 KPF 2 N-20 DIN 51502 KPF 2 N-20	ФИОЛ-2М	Применяется при температурах от – 25 до + 150 °С. Для подшипников скольжения и качения при высоких нагрузках и низкой частоте вращения; узлах скольжения тихоходных машин в условиях смешанного и граничного трения
NEBULA EP	1	DIN 51825 KP 1 K-20 DIN 51502 KP 1 K-20	Униол-1	Применяется при температурах от – 25 до + 120 °С (кратковременно выше 150 °С). Для подшипников скольжения и качения ступиц колес, наконечников рулевых тяг, шариковых шарниров; подшипников водяных насосов и дейдвудных подшипников; кольцевых пружин железнодорожных буферов
	2	DIN 51825 KP 2 K-20 DIN 51502 KP 2 K-20	Униол-2	
CAZAR K	1	DIN 51825 K 1 C-30; DIN 51502 K 1 C-30, M 1 C-30, OG 1 C-30; MB 266.0		Применяется при температурах от – 30 до + 60 °С (кратковременно до 80 °С). Для бумагоделательных, текстильных, полиграфических, упаковочных машин и станков; канатов и стальных тросов; в качестве формоотделительной смазки
	2	DIN 51825 K 2 C-30 DIN 51502 K 2 C-30, M 2 C-30, OG 2 C-30	Канатная, Пресс-Солидол Ус-1	Применяется при температурах от – 30 до + 60 °С (кратковременно до 80 °С). Для шлюзовых устройств, гидротурбин; горнодобывающих машин; экскаваторов, зубчатых муфт, открытых редукторов; сельскохозяйственных машин; канатных блоков кранов; для смазки цепей
CARUM 330		DIN 51825 KP 1 K-20; DIN 51502 KP 1 K-20; USDA H-1; 21 CFR 178.3570		Применяется при температурах от – 20 до + 120 °С. Для в подшипников скольжения и качения машин пищевой промышленности



ПРОМЫШЛЕННЫЕ СМАЗКИ (продолжение)

Марка	Сорт	Классификация/ Допуски	Применимо вместо	Основное применение
HT GREASE 275		DIN 51825 K 2 P-20 DIN 51502 K 2 P-20	АЭРОЛ	Применяется при температурах от – 20 до + >200 °С. Для подшипников скольжения и качения устройств, работающих при высоких температурах (битумные смесители, сушилки текстильной промышленности, в стекольной промышленности и т.п.)
GREASE TCL 435		DIN 51825 GP 00-000 G; DIN 51502 GP 00-000 G-40; MB DBL 6833.00; MB 264; MAN 283 Li-P 00/000; Willy Vogel; Baier & Koppel; Woerner; Lincoln; Tecalemit		Специальная смазка для централизованных смазочных систем грузовых и стационарных машин
FIBRAX EP 370		DIN 51825 GP 0 M; DIN 51502 GP 0 M-20; Bielomatic Leuze+Co.; Renk-Tacke; Rheine		Применяется при температурах от – 20 до + 120 °С (кратковременно до 140 °С). Для зубчатых передач, редукторов двигателей (текстильное оборудование), цепных передач, зубчатых муфт со спиральными зубьями
FLIESSFETT S 420		DIN 51825 G 00 N DIN 51502 GPPG 00 N-40 Werner Riester K.G.-auma		Применяется при температурах от – 20 до + 120 °С. Для зубчатых передач; редуктор двигателей; подшипников скольжения и качения при долговременном смазывании; зубчатых муфт; централизованных смазочных систем грузовых машин и автобусов

Полная номенклатура смазочных материалов включает в себя также:

- масла для газовых двигателей;
- смазочно-охлаждающие жидкости для металлообработки;
- масла-теплоносители;
- медицинские и вазелиновые масла;
- технологические масла;
- форморазделяющие масла;
- изоляционные масла;
- антикоррозионные материалы;
- биологические смазочные материалы;
- жидкости для промывки деталей.

ООО «Мобил Ойл Лубрикантс»
113054, Москва, Павелецкая пл., д.1, стр.2.
Тел. (095) 232-2223
Факс (095) 737-8995

Компания **Mobil** производит широкий спектр синтетических и минеральных смазочных материалов. Ниже приведены краткие сведения только по синтетическим материалам, более подробную информацию по преимуществу применения синтетических масел можно получить в офисе компании **Mobil**.

МОТОРНЫЕ МАСЛА (табл. 1)

Mobil 1 — полностью синтетическое масло для бензиновых двигателей и дизелей легковых автомобилей. Надежно защищает двигатель в экстремальных условиях эксплуатации, обеспечивает его легкий пуск при низких температурах и надежную работу при высокоскоростных режимах, в том числе при экстремально высоких температурах. Индекс вязкости 197. Одобрено MB 229.1, BMW, Porsche, VW 500.00/502.00/505.00 (11.92). Соответствует спецификации API SJ/CF/EC; ACEA-98 A3, B3; ILSAC GF-2.

Mobil Delvac 1 SHC — полностью синтетическое масло для дизелей с турбонаддувом грузовых автомобилей и автобусов. Существенно повышает экономию топлива. Обеспечивает легкий пуск дизеля при низких температурах и его надежную работу при высокоскоростных режимах, в том числе при экстремально высоких температурах. Зольность 1,8 %, щелочное число 15,9 мг KOH/г. Одобрено MB 228.8, MAN M3277, Volvo VDS-2, Mack EO-M, RVI RLD, MTU тип 3, MTU DDC категория 2. Соответствует спецификации ACEA-98 E4, B3, B4; API CF, CE.

Mobil Pegasus SHC — полностью синтетическое масло для средне- и высокооборотных газовых двигателей, работающих в чрезвычайно тяжелых условиях (турбонаддув, газы с высоким содержанием серы, кислые газы).

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Марка масла	Класс по SAE	Вязкость кинематическая, мм²/с, при		Плотность, кг/м³	Температура, °С	
		40 °С	100 °С		вспышки	застывания
Mobil 1	0W-40	71	13,5	865	230	<-54
Mobil Delvac 1 SHC	5W-40	87,9	14,5	860	228	<-54
Mobil Pegasus SHC	30*	58	11,3	861	229	-54

Характеризуется прекрасной нейтрализующей способностью (щелочное число 6,4 мг KOH/г). * По температурно-вязкостным характеристикам также отвечает SAE 5W, 10W.

ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА (табл. 2)

Mobilube 1 SHC — полностью синтетическое всесезонное масло для задних мостов, механических коробок передач легковых и грузовых автомобилей, а также для гипоидных передач. Уменьшает износ зубчатых передач при высоких нагрузках и больших скоростях. Может использоваться в трансмиссии гоночных автомобилей. Соответствует спецификации API GL-4 и GL-5, MIL-L-PRF-2105E, MAN 3343 5L, ZF TE-VL-01, -02, -05, -07, -08.

Mobil ATF SHC — полностью синтетическое масло для механических и автоматических трансмиссий современных автомобилей. Способствует плавному переключению передач. Хорошо защищает детали трансмиссии от изнашивания при действии высоких нагрузок в широком диапазоне температур. Отвечает требованиям General Motors DEXRON IIE, Ford New Mercon M-931288, Mercedes-Benz 236.8, MAN 339 Type C, ZF TE-ML-09/ML-14, Renk-Doromat 873/874, Voith ATF, Allison C-4.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ

Марка масла	Класс по SAE	Вязкость кинематическая, мм²/с, при		Плотность, кг/м³	Температура, °С	
		40 °С	100 °С		вспышки	застывания
Mobilube 1 SHC	75W-90	102	15,1	890	202	-51
Mobil ATF SHC		33	7,4	840	210	-45

КОМПРЕССОРНЫЕ МАСЛА (табл. 3)

Mobil Rarus 827 и 829 — синтетические масла на основе эстеров. Применяются для компрессоров всех видов, но особенно поршневых, работающих в сверхтяжелых условиях. Совместимы с большинством известных уплотнений. Масло *Mobil Rarus 827* одобрено для турбокомпрессоров ABB.

Mobil Rarus SHC 1025 и 1026 — полностью синтетические масла на основе полиальфаолефинов с большим периодом эксплуатации. Превышают требования DIN 51506 VD-L. Применяются для тяжелонагруженных винтовых компрессоров.

37 1890

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПРЕССОРНЫХ МАСЕЛ

Марка масла	Класс по ISO	Вязкость кинематическая, мм²/с, при		Плотность, кг/м³	Температура, °С	
		40 °С	100 °С		вспышки	застывания
Mobil Rarus 827	100	107	10,1	958	270	-36
Mobil Rarus 829	150	145	12,8	970	270	-40
Mobil Rarus SHC 1025	46	42,3	7,2	849	236	-54
Mobil Rarus SHC 1026	68	67,0	10,4	854	240	-54
Gargoyle Arctic SHC 424	32	32	4,5	864	157	-39
Gargoyle Arctic SHC 426	68	65,1	6,6	868	186	-36

Gargoyle Arctic SHC 424, 426 — синтетические масла на основе ароматических алкилбензолов. Используются для компрессоров холодильных машин, работающих с хладагентами R22 и R502.

Gargoyle Arctic SHC серия 220 (ISO VG 32, 68, 100, 220) — полностью синтетические масла на основе синтезированных углеводородов для компрессоров холодильных машин. Невысокая смешиваемость с хладагентами. Могут применяться в винтовых компрессорах, использующих в качестве хладагента аммиак, R12, R114, R22.

Gargoyle Arctic SHC 226E (ISO VG 68) — полностью синтетическое масло на основе синтезированных углеводородов. Предназначено для холодильных машин, работающих в особо тяжелых условиях. Отвечает требованиям ABB Stal и Sabroe.

Mobil EAL Arctic Серия (ISO 15 – 100) — полностью синтетические масла на основе полиальэстеров. Чрезвычайно низкая температура застывания. Используются в компрессорах холодильных машин со всеми хладагентами, но в первую очередь с озонобезопасными (R134A).

ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА

Mobil SHC 600 Серия (ISO 68-460) — полностью синтетические масла для смазывания подшипников и редукторов. Характеризуются исключительно высокой стабильностью против старения. Применяются в циркуляционных системах, работающих в широком диапазоне температур от -50 °С. Mobil SHC PM 220 рекомендуется для циркуляционных систем бумагоделательных машин при температуре до 140 °С .

4. ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕДУКТОРНЫХ МАСЕЛ

Марка масла	Класс по ISO	Вязкость кинематическая, мм²/с, при		Плотность, кг/м³	Температура, °С	
		40 °С	100 °С		вспышки	застывания
Mobilgear SHC 220	220	212,9	25,7	871	232	-51
Mobilgear SHC 320	320	294,2	33,5	872	233	-51
Mobilgear SHC 460	460	445	46,8	870	237	-51
Mobil Glygoyle 22	150	161	23,1	1007	229	-41
Mobil Glygoyle 30	220	224	30,9	1006	221	-41
Mobil Glygoyle HE 460	460	460	77,1	1050	275	-40

Mobil SHC 500 Серия (ISO 15 – 68) – высококачественные синтетические масла для гидравлических систем. Работоспособны в исключительно широком диапазоне температур (температура резервуара до 120 °С). Прокачиваются и фильтруются при температурах ниже минус 30 °С. Одобрены Denison HFO, Vickers V-104C и 35V025, SUNDSTRAND.

Mobilgear SHC и Mobil Glygoyle – редукторные масла (табл. 4).

Mobilgear SHC — синтетические масла на полиальфаолефиновой основе. Применяются при высоких нагрузках в широком диапазоне температур (от минусовых до 120 °С). Превышают требования CLP.

Mobil Glygoyle – масла на полигликолевой основе, особенно приспособленные для смазывания червячных редукторов. Работают в различных смазочных системах при температурах до 200 °С.

ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ

Серия Mobilith SHC – высококачественные синтетические смазки на основе литиевого комплекса. Область применения – от высоко- до низкоскоростных, высоконагруженных подшипников – определяется в зависимости от пенетрации (003) и вязкости базового масла. Обеспечивают отличную низкотемпературную прокачиваемость. Диапазон рабочих температур от –55 до +180 °С. Не содержат свинца и хлора. Mobilith SHC PM специально предназначена для бумагоделательных машин.

Серия Mobiltemp SHC – высокоэффективные термостойкие смазки на основе бентонитового загустителя. Пенетрация от 1 до 3. Применяются для подшипников качения, скольжения, различных направляющих, кулачков. Диапазон рабочих температур от –50 до +200 °С. Не содержат свинца и хлора.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТОВ MOBIL ДЛЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И МИКРОАВТОБУСОВ

ПРОЧИЕ ПРОДУКТЫ

Тормозная система: Mobil Universal Brake Fluid, DOT 3 / DOT 4
Усилитель рулевого управления: ***Mobil ATF SHC***, Mobil ATF или Mobil ATF 220
Гидравлические системы: Mobil Fluid LHM

ПРИМЕЧАНИЕ. Курсивом выделены полностью синтетические продукты.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТОВ MOBIL ДЛЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И АВТОБУСОВ

ПРОЧИЕ ПРОДУКТЫ

Тормозная система: Mobil Universal Brake Fluid, DOT 3 / DOT 4
Усилитель рулевого управления: ***Mobil ATF SHC***, Mobil ATF или Mobil ATF 220
Гидравлические системы: Mobil Fluid LHM, Mobil DTE – серия

ПРИМЕЧАНИЕ. Курсивом выделены полностью синтетические продукты.



Neste Oyj
Oil
Lubrication / Export
Финляндия
Тел.: (358) 20450 5604
Факс: (358) 20450 4208

Дочерние компании на территории
России и стран Балтии:
Представительство концерна NESTE в Москве
ООО Несте, Санкт-Петербург
AS Neste Eesti, Tallinn
SIA Neste Latvia, Riga
UAB Neste Lietuva, Vilnus

Областями специализации крупнейшего финского концерна **Neste** («Не́сте») являются нефтепереработка, энергоснабжение и химическая промышленность.

Основной рынок для **Neste** — регион Балтийского моря. На территории Финляндии, стран Балтии, России, Польши и других стран **Neste** владеет обширной сетью бензозаправочных станций (более 1000 станций). Эти же страны являются рынком для продажи смазочных материалов. Более чем в 30 странах мира, в том числе и в России, **Neste** осуществляет деятельность, связанную с добычей и переработкой сырой нефти и газа.

На собственных предприятиях в Порвоо (Финляндия) и Берингене (Бельгия) **Neste** изготовляет высококачественные базовые масла для производства синтетических и высоковязких смазочных материалов.

Neste специализируется на производстве и продаже синтетических и минеральных масел для транспортных средств и промышленного оборудования, а также смазок и средств автохимии. Для изготовления продукции выбираются лучшие в мире пакеты присадок.

Масла **Neste** отвечают самым взыскательным требованиям, предъявляемым основными зарубежными производителями автомобильной техники. На все смазочные материалы и средства автохимии имеются сертификаты соответствия, выданные Госстандартом России. Продукция **Neste** выпускается в Финляндии под четким контролем лаборатории. Знаком высокого качества работы отдела ***Lubrication*** является полученный сертификат качества ISO 9001.

Neste предлагает для клиентов услуги, связанные с проверкой качества смазочных материалов, например Neste Lubservice — программа промышленной службы по исследованию смазочного материала, эксплуатационному обслуживанию и обучению клиентов.

Благодаря близкому географическому расположению и хорошему транспортному сообщению **Neste** быстро и надёжно осуществляет поставки своей продукции в Россию.



БАЗОВЫЕ МАСЛА

Фирма **Neste** выпускает под общим товарным знаком NEXBASE™ высококачественные базовые масла PAO и EHVI (табл. 1).

PAO (полиальфаолефины) — синтетические базовые масла высшего класса. Они разработаны специально для получения самых высококачественных синтетических масел для транспортных средств и промышленности, в том числе для косметической и пищевой. Лишь четыре компании во всем мире выпускают синтетичекие базовые масла PAO, и одна из них — **Neste.**

EHVI (Extra High Viscosity Index) — высококачественные базовые масла с высоким индексом вязкости, полученные путем гидроизомеризации. По эксплуатационным свойствам они близки к маслам PAO и значительно лучше обычных минеральных базовых масел.

Хорошие антиокислительные свойства базовых масел PAO и EHVI и их термостойкость увеличивают срок службы смазочных материалов, а низкая испаряемость уменьшает их расход и повышает экологическую безопасность.

При изготовлении моторных масел на основе базовых масел PAO и EHVI потребность в использовании улучшающих индекс вязкости присадок уменьшается.

1. ТИПИЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МАСЕЛ PAO И EHVI

Показатели	NEXBASE ™							
	PAO				EHVI			
	2002	2004	2006	2008	3020	3030	3050	3060
Внешний вид	Прозрачная чистая жидкость							
Кинематическая вязкость, мм²/с, при температуре:								
100 °C	1,7	4,0	5,8	8,0	2,15	3,0	5,0	6,0
40 °C	5,0	18	31	48		12,0	25,2	34,1
-20 °C	-	-	-	-	117	-	-	-
-40 °C	2,5	2,9	7,9	18,9	-	-	-	-
Индекс вязкости	-	121	134	138	-	104	127	127
Плотность при 15 °C, кг/м³	798	821	828	833	830	825	833	845
Испаряемость Noack, % (мас. доля)	-	13.5	6.5	3.5	-	-	<9	9
Температура, °C:								
застывания	-69	-66	-63	-60	-54	-30	-15	-15
вспышки	166	228	246	264	>160	>180	240	230

МОТОРНЫЕ МАСЛА

Масла для бензиновых двигателей и дизелей (табл.2)

NESTE CITY PRO 5W-40, NESTE CITY PRO 0W-40, NESTE CITY STANDARD 10W-40, NESTE 1 5W-50 – синтетические масла с хорошими свойствами как при низкой, так и при высокой температуре. Наилучшим образом подходят для современных бензиновых двигателей и дизелей легковых автомобилей и пикапов, особенно для многоклапанных двигателей.

NESTE SUPER 10W-40 – высококачественное и экономичное минеральное масло. Обладает хорошими смазывающими свойствами и предотвращает изнашивание.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ МАСЕЛ ДЛЯ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ДИЗЕЛЕЙ

Классификации и показатели	City Pro		City Standard	1	Super	Special			
Классификации									
SAE	0W-40	5W-40	10W-40	5W-50	10W-40	10W-30	20W-50	30	40
API	SJ/CF (SH/CF/ EC II)	SJ/CF	SJ/CF	SG/CD	SJ/CF	SF/CC	SF/CC	SF/CF/ CF-2	SF/CF/ CF-2
ACEA	A3, B3, B4	A3, B3	A3, B3	-	-	-	-	-	-
Допуски									
Volkswagen	500.00/ 505.00, 502.00	502.00, 505.00	502.00, 505.00	501.00	-	-	-	-	-
Daimler Benz	229.1	229.1	229.1	229.1	226.1	-	-	-	-
Свойства									
Вязкость, мм²/с, при температуре:									
40 °С	73	89	94	120	95	70	150	92	134
100 °С	13,2	13,8	14,0	17,5	14,0	10,3	17,8	11,0	14,2
Индекс вязкости	187	158	155	165	152	135	131	105	103
Температура, °С									
вспышки	230	200	230	215	210	210	230	230	225
застывания	-60	-51	-45	-45	-36	-36	-21	-27	-24
Предельная температура прокачиваемости, °С	<-40	<-35	-32,5	<-35		-31	-	<-20	-16
Плотность при 15 °С, кг/м³	861	850	855	860	870	800	888	885	889



NESTE SPECIAL 10W-30 – экономичное масло на минеральной основе для бензиновых двигателей и дизелей с турбонаддувом. В ассортименте также имеются **NESTE SPECIAL 20W-50, 30 и 40.**

Масла для дизелей (табл. 3)

Предлагаемые **Neste** дизельные масла различны по качеству и вязкости и применяются при умеренных и высоких нагрузках.

NESTE TURBO LE – масла нового класса с увеличенным сроком службы. Применяются для дизелей, работающих на топливе с низким содержанием золы и серы.

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ МАСЕЛ ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ

Показатель	Turbo Super	Turbo LE		Turbo CF-4	Diesel		Diesel CD		
Классификации									
SAE	10W-40	10W-30	15W-40	15W-40	10W-30	15W-40	10W	20W-30	30
API	CE/CF	CG-4/ SG	CG-4/ SG	CF-4, CE, CD-II, CD/SG	CF, CE, CD/SF	CF, CE, CD/SF	CF/CF-2, CD/SF	CF/CF-2, CD/SF	CF/CF-2. CD/SF
ACEA (CCMC)	E3	E3, B3	E3, B3	E2	(D4, PD2)	(D4, PD2)	-	-	-
Допуски									
MIL-L	-	-	-	2104E	2104D	2104D	2104D	2104D	2104D
Allison	-	-	-	C-4	C-3	C-3	C-3	C-3	C-3
Daimler Benz	228.5	228.3	228.3			227.1			227.0
Volvo	VDS-2	VDS-2	VDS-2	VDS	-	-	-	-	-
Mack	-	EO-L	EO-L	EO-K/2	EO-J	EO-J	-	-	-
Caterpillar	-	-	-	-	TO-2	TO-2	TO-2	TO-2	TO-2
MAN	M3277	-	-	-	-	-	-	-	-
Свойства									
Вязкость кинематическая. мм²/с, при температуре:									
40 °С	90	73	105	106	70	104	38	100	102
100 °С	13,5	11,5	14,3	14,5	11,0	14,2	6,5	12,0	12,2
Индекс вязкости	153	151	140	140	148	139	124	110	107
Температура, °С									
вспышки	208	215	220	228	210	220	210	235	235
застывания	-33	-36	-33	-33	-36	-33	-36	-30	-30
Предельная температура прокачиваемости, °С	-33	-	-	-28	-29	-23	-30	-20	-
Плотность при 15°С, кг/м³	867	880	890	881	885	883	880	890	915



NESTE TURBO SUPER — специальное синтетическое масло с увеличенным сроком службы. Предотвращает образование нагара и лака, полировку цилиндра; защищает детали двигателя от коррозии и изнашивания. Рекомендуется для дизелей грузовых автомобилей, работающих на топливе с содержанием серы не более 0,5 %. Можно использовать в других дизелях с турбонаддувом и без него.

NESTE TURBO CF-4 — масло для мощных дизелей с турбонаддувом.

NESTE DIESEL — многофункциональные масла для мощных дизелей с турбонаддувом: **NESTE DIESEL 10W-30** — в зимнее время обеспечивает экономию топлива, **NESTE DIESEL 15W-40** — высоковязкое масло для летнего периода, масла **NESTE DIESEL CD** превосходно защищают детали двигателя от изнашивания и предотвращают образование нагара и осадка.

NESTE AVIATION OIL MS 20 — минеральное авиационное масло, изготовленное в соответствии с требованиями ГОСТ 21743-76. Обладает хорошими смазывающими свойствами, выдерживает высокие нагрузки и температуру, эффективно защищает детали двигателя от коррозии.

Характеристика масла

Вязкость кинематическая, мм²/с, при температуре:
- 40 °С 248
- 100 °С 21

Индекс вязкости 95

Температура, °С:
- вспышки 270
- застывания .... - 18

Массовая доля серы, % .... <0,353

Коксуемость, % 0,29

Рекомендуется для поршневых двигателей самолетов. Масло можно использовать в промышленных двигателях, для смазывания которых требуется минеральное масло без присадок EP и AW.

ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА (табл. 4)

NESTE HYPOIDI S — всесезонные полностью синтетические масла, прекрасно сохраняющие текучесть даже при сильном морозе. Уменьшают трение и снижают расход топлива. Предназначены для трансмиссий и ведущих мостов, эксплуатируемых в особых условиях. Превышают требования MIL-L-2105 D.



4. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ

Марка	Класс SAE	Категория по API	Вязкость кинематическая, мм²/с, при 40 °С	Вязкость кинематическая, мм²/с, при 100 °С	Вязкость динамическая при -40°С, мПа·с	Индекс вязкости	Температура, °С вспышки	Температура, °С застывания	Плотность при 15 °С, кг/м³
HYPOIDI S	75W-90	GL-5	80	14.0	30000	181	215	-54	848
	75W-140	GL-5	160	25,0	67000	190	210	<-45	850
HYPOIDI MP	75W	GL-5	20	5,0	10000	-	140	<-50	889
	80W-90	GL-5	130	14.0	-	105	215	-27	895
	80W-140	GL-5	174	25,0	-	177	170	-36	878
	90	GL-5	165	16.5	-	100	200	-24	900
GEAR S	75W-90	GL-4	80	14,0	30000	181	220	-54	848
GEAR EP	80W	GL-4	74	9,8	-	110	210	-30	885
	80W-90	GL-4	130	14,0	-	105	185	-27	893

NESTE HYPOIDI MP — масло для трансмиссий и ведущих мостов, работающих в нормальных условиях. Превышает требования MIL-L-2105 C, Daimler Benz 235 (масло SAE 90)

NESTE GEAR S — полностью синтетическое масло, содержащее противозадирные и противокоррозионные присадки. Предназначено для коробок передач, для которых рекомендовано масло категории GL-4. Превышает требования MIL-L-2105.

NESTE GEAR EP — многофункциональные масла, содержащие EP-присадки. Предназначены для трансмиссий легковых автомобилей, грузовиков и автобусов. Превышают требования: MIL-L2105; Daimler Benz 235.1 (масло SAE 80W).

NESTE ATF-X — полусинтетическое масло нового типа для автоматических коробок передач. Превышает требования: тип AGM Suffix A and GM Dexron II D и III; Allison C-3 и C-4; Ford M2C-138 CJ, M2C-166 H; Ford Mercon.

Характеристика масла

Вязкость кинематическая, мм²/с, при температуре:
- 40 °С 34
- 100 °С 7,0

Вязкость динамическая, мПа·с, при –40 °С 15000

Индекс вязкости 173

Температура, °С:
- вспышки 180
- застывания .... <-42

Плотность при 15 °С, кг/м³ 866



ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАСЛА (табл. 5)

NESTE HYDRAULI 15 SUPER — масло с исключительной текучестью, благодаря чему обеспечивается бесперебойная работа техники при низких температурах (до минус 40 °С). Предназначено для арктических условий.

NESTE HYDRAULI 28 SUPER — масло для любых условий эксплуатации в широком диапазоне температур.

NESTE HYDRAULI 32 SUPER — моногофункциональное масло для гидравлических систем эскаваторов, землеройного и лесозаготовительного оборудования, автопогрузчиков и т.п.

NESTE HYDRAULI 15, 22, 46 и 68 — экономичные масла для наружного и внутреннего применения. Масла **HYDRAULI 15** и **22** могут применяться в зимнее время, **HYDRAULI 46** — в летнее время при тяжелых условиях эксплуатации техники.

NESTE BIOHYDRAULI 15, 32, SE 46 и 68 — биологически разлагаемые синтетические масла, применяемые, в первую очередь, при лесозаготовительных и землеройных работах в районах с близким залеганием грунтовых вод.

5. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ

Марка	Класс ISO	Кинематическая вязкость, мм²/с, при			Индекс вязкости	Температура, °С		Плотность при 15 °С, кг/м³
		40 °С	100 °С	отрицательной температуре		вспышки	застывания	
HYDRAULI SUPER	15	15	5,6	280(-30°С)	>350	93	<-65	879
	28	29	10,2	600(-30°С)	>350	101	-54	874
	32	31	7,0	5500(-30°С)	180	170	-45	884
HYDRAULI	15	15	3,7	570 (-20°С)	136	145	-54	886
	22	22	4,9	1100(-20°С)	151	175	-45	883
	46	46	8,4	2650(-20°С)	161	210	-39	878
	68	68	10,8	6280(-20°С)	148	230	-33	880
BIOHYDRAULI	15	15	4,4	210(-20°С)	236	170	<-45	836
	32	38	8,0	850(-20°С)	212	190	-42	866
	SE 46	48	9,6	1590(-20°С)	190	250	-45	920
	68	68	12,7	2400(-20°С)	190	238	-42	894



ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МАСЛА (табл. 6)

Трансформаторные масла

NESTE TRAFO 10X — приготовлено из парафинового базового масла, полученного путем каталитической изомеризации. Содержит антиокислительные присадки, улучшающие его качество в широком температурном диапазоне. Обладает высоким охлаждающим действием. Допущено к применению в России в силовых трансформаторах, реакторах и масляных выключателях всех классов напряжений.

NESTE MUUNTAJA 10X – масло с высокой стабильностью свойств и стойкостью к окислению. Отвечает требованиям Британской спецификации №148/1951 и VDE 0370/452 и Шведским электротехническим нормам.

NESTE KATKAISIJA 3X — масло с хорошей диэлектрической прочностью, стойкостью к окислению. Отвечает требованиям: ACEA 11713011-102 (ASEA 65); SEN 040300 класс III; IEC 296 класс III; VDE 0370 класс В и SEV 3163, 1972 класс III.

6. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАСЕЛ

Марка	Класс ISO	Кинематическая вязкость, мм²/с, при		Индекс вязкости	Температура, °С		Плотность при 15 °С, кг/м³
		40 °С	100 °С		вспышки	застывания	
Трансформаторные масла							
TRAFO 10 X	-	7,0	900 (при -40 °С)	-	160	-51	825
MUUNTAJA 10X	-	7,5	-	-	140	-51	875
KATKAISIJA 3X	-	3,0	-	-	100	<-70	860
Компрессорные масла							
KOMPRESSORI	68	65	8,4	100	245	-27	879
	100	100	11,0	95	260	-12	883
	150	147	14,0	95	275	-12	887
Турбинные масла							
TURPIINI	32	31	5,2	96	220	-24	870
	46	45	6,6	100	230	-24	875
	68	66	8,5	96	240	-24	879
Масла для холодильного оборудования							
KYLMAKONE	46	46	5,5	-	184	-36	902
	68	68	6,8	-	194	-30	905



Компрессорные масла

NESTE KOMPRESSORI – масла на основе высококачественных базовых масел с добавлением беззольных присадок. Применяются для стационарных компрессоров и вакуумных насосов.

Турбинные масла

NESTE TURPIINI – масла с высокой стойкостью к окислению, термостойкостью, длительным сроком службы без изменения цвета. Рекомендуются для электромоторов, воздушных компрессоров, высокооборотных зубчатых передач, гидравлических систем паровых и водяных турбин. NESTE TURPIINI 46 особенно рекомендовано для циркуляционной смазочной системы паровых турбин Siemens и AEG, где требуется быстрое отделение воздуха от масла.

Масла для холодильного оборудования

NESTE KYLMÄKONE – масла на основе специальных парафиновых базовых масел. Соответствуют спецификации BS 2626:1975. Можно также использовать в холодильных установках, где в качестве хладагента применяется аммиак.

ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА (табл. 7)

NESTE разрабатывет и выпускает большой ассортимент смазочных материалов, смазок и технических жидкостей для различных отраслей промышленности: бумажной, лесной, текстильной, металлургической, пищевой.

Масла для бумагоделательных машин

NESTE BETA — масла на основе минерального базового масла с добавлением беззольных присадок. Используются в циркуляционных смазочных системах бумагоделательных машин и машин для производства картона, сушильных машин и прокатных станов. Масла можно применять и для смазывания трансмиссий транспортных средств с коническими, цилиндрическими и червячными передачами, работающими при средних нагрузках.

NESTE LAMDA ZF — синтетические масла для бумагоделательных машин, содержащие эффективные антикоррозионные, противопенные,



7. ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ МАСЕЛ

Марка	Класс ISO	Плотность, кг/м³	Температура, °С		Индекс вязкости	Вязкость, мм²/с, при температуре	
			вспышки	застывания		40 °С	100 °С
Масла для бумагоделательных машин							
BETA	150	890	250	-12	92	150	14,3
	220	895	270	-12	93	220	18,5
	320	900	280	-12	93	315	23,0
	460	900	290	-9	93	460	30,0
LAMDA ZF	68	845	220	-57	178	67	12
	100	847	220	-54	184	95	16,2
	150	849	220	-51	186	150	23,3
	220	850	220	-45	188	210	30,6
	320	852	220	-42	191	320	42,7
	460	847	220	-36	192	460	56,5
Масла для циркуляционных систем							
KIERTO	22	870	190	-15	89	19	3,8
	32	870	220	-12	94	31	5,2
	46	875	230	-12	92	45	7,1
	68	883	240	-12	91	62	7,9
	100	905	240	-12	90	99	10,7
	150	905	240	-12	89	146	13,8
	320	900	285	-9	91	315	23
	460	897	300	-9	90	480	30
Трансмиссионные масла							
VAIHTEISTO EP	68	888	225	-30	106	65	8,7
	100	901	245	-27	99	96	11
	150	904	245	-24	92	145	14
	220	907	245	-21	93	210	18
	320	912	245	-12	94	305	23
	460	919	260	-9	91	450	29
	680	926	260	-9	88	630	35
Масла для гидравлических систем							
PAINE	32	872	225	-33	115	31	5,5
	46	875	230	-30	118	45	7,1
	68	879	235	-30	113	65	9,0
	100	882	255	-30	107	96	11,5
	150	887	250	-27	108	140	15,0

противоизносные и противоокислительные присадки. Эти масла особенно рационально применять для подшипников бумагоделательных машин вы-



сокой производительности, рабочая температура которых может превышать + 95 °С, а действующие нагрузки могут быть как осевыми, так и радиальными.

Масла для циркуляционных систем

NESTE KIERTO — чистые, обработанные растворителем парафиновые базовые масла светлого цвета с высокой естественной устойчивостью к окислению. Используются в промышленных объектах циркуляционной и разовой смазки, для смазывания которых присутствие специальных ЕР и AW присадок не требуется.

В ассортименте NESTE имеются также и смазочно-охлаждающие технологические средства; средства защиты от коррозии; масла-теплоносители; формовочные и закалочные масла; смазки и масла для лесопильных рам, бензопил; специальные смазки и т.п.

Трансмиссионные масла

NESTE VAIHTEISTO EP — масла, получаемые из парафиновых базовых масел высшего класса с добавлением противозадирных фосфор- и серосодержащих присадок (без свинца). Рекомендуются для промышленных редукторов при особо тяжелых условиях эксплуатации. Их можно использовать и в подшипниках скольжения и качения, воспринимающих большие нагрузки, а также в агрегатах, работающих в условиях вибрации. Масло Neste Vaihteisto 320 EP и 460 EP можно применять в промышленных червячных передачах.

Масла для гидравлических систем

NESTE PAINE — масла с низкой температурой застывания для систем гидравлической силовой трансмиссии. Содержат противоокислительные, антикоррозионные, противоизносные и противопенные присадки. Предназначены для любых промышленных и многих транспортных гидравлических систем. Могут применяться в передачах, воздушных компрессорах, устройствах смазывания масляным туманом и т.п.

ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ (табл. 8)

В ассортимент смазочных материалов входят также и различные сорта смазок, предназначенные для таких узлов и механизмов, в которых масла непригодны в силу своих свойств.



8. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

Марка	Класс NLGI	Температура, °С			Загуститель	Плотность при 20 °С, кг/м³
		каплепадения	работоспособности			
			мин.	макс.		
MP GREASE	2	195	-30	+120	Литиевое мыло	895
MOLYGREASE	2	188	-30	+110	Литиевое мыло	933
CENTER GREASE 00 EP	00	200	Круглый год		Комплексное литиевое мыло	910
YLEISRASVA EP	0	182	-40	+100	Литиевое мыло	-
	1	188	-30	+120	То же	-
	2	198	-30	+120	«	-
	3	200	-30	+120	«	-

NESTE MP GREASE – смазка для шасси и колесных подшипников транспортной и самоходной техники. Хорошо прилипает к металлическим поверхностям и противодействует износу подшипников. Применяется всесезонно.

NESTE MOLYGREASE – смазка для высоконагруженных подшипников скольжения.

NESTE CENTER GREASE 00 EP — полусинтетическая специальная смазка для круглогодичного применения в централизованных смазочных системах транспортных средств.

NESTE YLEISRASVA EP — противозадирные универсальные смазки на основе литиевого мыла, стойкость которых к нагрузкам выше чем у обычных смазок. Обладают хорошей водонепроницаемостью и механической устойчивостью.

Могут использоваться при высокой и низкой температурах.

38 - 1890

Коммерческий символ концерна **Shell** — «ракушка» — известен во всем мире.

Успех и достижения **Shell** основаны на нескольких равно важных компонентах:

- более чем вековой опыт производства смазочных материалов, начиная с добычи и переработки нефти и до розлива масла в потребительскую упаковку;
- новейшая технология и строжайший контроль качества продукции на каждом этапе, основанный на самых последних достижениях науки;
- широчайший ассортимент и постоянное внимание разработке и всесторонним испытаниям новых масел и смазок по требованиям завтрашнего дня;
- производство смазочных материалов более чем в 50 странах мира на основе единой технической политики и их продажа более чем в 100 государствах с учетом условий местного рынка и потребностей национальной промышленности;
- традиционная широкая поддержка и консультации партнеров по бизнесу и клиентов по всем вопросам, связанным с применением смазочных материалов **Shell.**

Масла и смазки вырабатываются из тщательно подобранных базовых компонентов, производимых на заводах **Shell.** Используемые в производстве смазочных материалов присадки разрабатываются в лабораториях **Shell** (подразделение Shell Additives) и также производятся на заводах концерна **Shell** или по его заказу ведущими фирмами в этой области. Таким образом, **Shell** может полностью гарантировать высокое качество своей продукции. Ее высокий технический уровень поддерживается благодаря постоянному тесному и плодотворному сотрудничеству с важнейшими производителями оборудования как на мировом, так и национальном уровне. Результатом такого сотрудничества является одобрение и применение смазочных материалов с маркой Shell лидерами мирового машино- и двигателестроения.

В своем стремлении опережать потребности рынка и предлагать все более совершенные продукты **Shell** «держит руку на пульсе» новейших достижений в развитии техники. Весомое подтверждение этого — наибольшее число побед (свыше 170), одержанных командами, использующими смазочные материалы **Shell,** в соревнованиях «Формулы 1».

Сегодня заводы **Shell** по всему миру производят смазочные материалы свыше 500 марок и могут удовлетворить заявку любого потребителя: авиационных и судоходных компаний, автотранспортных фирм и владельцев «Феррари» и «Запорожца», промышленных предприятий любой отрасли и фермеров.

Предлагаемый Вашему вниманию перечень производимых **Shell** смазочных материалов, которые могут использоваться для замены российских продуктов, не является непосредственным указанием на их взаимозаменяемость, а только предварительным (и в ряде случаев приблизительным) указанием возможной альтернативы.

Перечень производимых Shell возможных заменителей российских смазочных материалов

МАСЛА ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
МС-20п	ТУ 38.101265-88	Rotella X 50/ Rimula C 50
МТ-8П	ТУ 38.101277-85	Rotella X 20W-20/ Rimula C 20W-20
М-8В$_2$	ГОСТ 8581-78	Rotella X 20W-20/ Rimula C 20W-20
МТЗ-10П (М-6з/10Б$_2$)	ГОСТ 25770-83	Rotella X 10W-30/ Rimula C 10W-30
Дп-11у	ТУ 38.001223-75	Rotella X 10W-30/ Rimula C 10W-30
М-12Б, М-14Б	ТУ 38.101264-72	Rotella X 30, 40/ Rimula C 30, 40
МТ-16П	ГОСТ 6360-83	Rotella X 40/ Rimula C 40
М-20Бп	ТУ 38.101593-75	Rotella X 40/ Rimula C 50
М-10В$_2$	ГОСТ 8581-78	Rotella X 30/ Rimula C 30
М-10В$_2$С	ГОСТ 12337-84	Melina S 30
М-12Ву	ТУ 38.001248-76	Rotella X 30/ Rimula C 30
М-14В$_2$	ГОСТ 12337-84	Rotella X 40/ Rimula C 40
М-14В$_2$з	ГОСТ 23497-79	Rotella X15W-40/ Rimula C 15W-40
М-16В$_2$	ТУ 38.101235-74	Rotella X 40/ Rimula C 40
М-16ИХП-3 (М-16В$_2$)	ГОСТ 25770-83	Rotella X 40/ Rimula C 40
М-20В$_2$	ГОСТ 23497-79	Rotella X 50/ Rimula C 50
М-20В$_2$Ф	ГОСТ 12337-84	Rotella X 50/ Rimula C 50*
М-20В$_2$Ф	ГОСТ 12337-84	Caprinus HPD 50
М-8Г$_2$	ГОСТ 8581-78	Rotella X 20W-20/ Rimula C 20W-20
М-8Г$_2$к	ГОСТ 8581-78	Rotella X 20W-20/ Rimula C 20W-20
М-10Г$_2$	ГОСТ 8581-78	Rotella X 30/ Rimula C 30
М-10Г$_2$к	ГОСТ 8581-78	Rotella X 30/ Rimula C 30
М-14Г$_2$	ГОСТ 12337-84	Rotella X 40/ Rimula C 40



ПРИБОРНЫЕ МАСЛА

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
132-08	ГОСТ 18375-73	AeroShell Fluid 12
МВП	ГОСТ 1805-76	AeroShell Fluid 3

ТУРБИННЫЕ МАСЛА

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell	Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
Масло Т 22	ГОСТ 32-74	Turbo T 32	Масло Тп-46	ГОСТ 9972-74	Turbo T 68
Масло Тп-22С	ТУ 38.101821-83	Turbo T 32	Турбинное 46	ТУ 38.101251-77	Turbo T 68
Масло Т 30	ГОСТ 32-74	Turbo T 46	Масло для судовых газовых турбин	ГОСТ 10289-79	Morlina 10
Масло Тп-30	ГОСТ 9972-74	Turbo T 46			
Масло Т 46	ГОСТ 32-74	Turbo T 68			

КОМПРЕССОРНЫЕ МАСЛА

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
К2-24	ТУ 38.401-58-43-92	Tellus 320 (Canada)
К3-10	ТУ 38.1011207-89	Corena P 100
К3-10Н	ТУ 38.401-58-149-96	Corena P 150
К4-20	ТУ 38.101759-82	Corena P 150
К-12	ГОСТ 1861-73	Corena P 100
К-19	ГОСТ 1861-73	Vitrea M 220 / Morlina 220
К-28	ОСТ 38.01282-82	Valvata 460
Кп-8С	ТУ 38.1011296-90	Corena P 68
КС-19	ГОСТ 9243-75	Corena P 150
НКМ-40	ТУ 38.101434-75	Risella 68

МАСЛА ДЛЯ КОМПРЕССОРОВ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
Масло ВНИИНП ХС-40	ТУ 38.101763-82	Clavus 68
Масло ХА (фригус)	ГОСТ 5546-86	Clavus 15
Масло ХА-30	ГОСТ 5546-86	Clavus 46
Масло ХМ-35	ТУ 38.1011158-88	Clavus 46
Масло ХФ-12-16	ГОСТ 5546-86	Clavus G 32
Масло ХФ-22-24	ГОСТ 5546-86	SD Refrigerator
Масло ХФ 22С-16	ГОСТ 5546-86	SD Refrigerator

ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАСЛА

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
Масло ГК	ТУ 38.1011025-85	Diala BX, Diala DX
Масло Т-750	ГОСТ 982-80	Diala BX, Diala DX



ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАСЛА (продолжение)

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
Масло Т-1500	ГОСТ 982-80	Diala BX, Diala DX
Масло ТКп	ТУ 38.401-58-49-92	Diala BX, Diala DX
Трансформаторное	ГОСТ 10121-76	Diala BX, Diala DX
Трансформаторное адсорбционной очистки	ТУ 38.101281-80	Diala BX, Diala DX

ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell	Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
И-5А	ГОСТ 20799-88	Vitrea 9	ИГП-182	ТУ 38.101413-97	Morlina 320
И-8А	ГОСТ 20799-88	Vitrea 9	ИНСп-40	ТУ 0253-007-00151911-93	Tonna TX 68
И-12А	ГОСТ 20799-88	Vitrea 22	ИНСп-110	ТУ 0253-007-00151911-93	Tonna TX 220
И-20А	ГОСТ 20799-88	Vitrea 32	ИРп-40	ТУ 38.101451-78	Omala 68
И-30А	ГОСТ 20799-88	Vitrea 46	ИРп-76	ТУ 38.101451-78	Omala 150
И-40А	ГОСТ 20799-88	Vitrea 68	ИРп-150	ТУ 38.101451-78	Omala 220
И-50А	ГОСТ 20799-88	Vitrea 100	ИСПи-40	ТУ 38 101293-78	Tonna TX 68
ИГНСп-20	ТУ 38 101798-79	Tonna TX 32	ИСПи-65	ТУ 38.101293-78	Tonna TX 68
ИГНСп-40	ТУ 38.101798-79	Tonna TX 68	ИСПи-110	ТУ 38.101293-78	Tonna TX 220
ИГП-4	ТУ 38.101413-97	Morlina 5	ИТП-300	ТУ 38.101292-79	Omala 680
ИГП-6	ТУ 38 101413-97	Morlina 10	ИТП-500	ТУ 38.101450-76	Omala 800
ИГП-8	ТУ 38.101413-97	Morlina 10	ИТП-200	ТУ 38.101292-79	Omala 460
ИГП-14	ТУ 38.101413-97	Morlina 22	ВНИИ НП-403	ГОСТ 16728-78	Tellus 46
ИГП-18	ТУ 38.101413-97	Tellus S 32	ВНИИ НП-406	ТУ 38.101289-78	Tellus 68
ИГП-30	ТУ 38.101413-97	Tellus S 46	Концентрат РЭМ	ТУ 38.4015878-93	Tellina (U19)/ Irus AT
ИГП-38	ТУ 38.101413-97	Tellus S 68			
ИГП-49	ТУ 38 101413-97	Tellus S 100			
ИГП-72	ТУ 38.101413-97	Tellus S 100			
ИГП-91; ИГП-114	ТУ 38.101413-97	Morlina 150			
ИГП-152	ТУ 38.101413-97	Morlina 220			

МАСЛА ДЛЯ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ И ЦИЛИНДРОВЫЕ

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
Масло И-220ПВ	ТУ 38.101908-91	Vitrea M 220
Масло И-320ПВ	ТУ 38.101908-91	Vitrea M 320
Масло И-460ПВ	ТУ 38.101908-91	Vitrea M 460
Масло П-8п	ТУ 38 101248-72	Omala 100
Масло П-28	ГОСТ 6480-76	Vitrea M 460
Масло П-40	ТУ 38.101312-78	Valvata 1000
Масло ПС-28	ГОСТ 12672-77	Vitrea M 320
Масло цилиндровое 11	ОСТ 38.0185-75	Vitrea 100
Масло цилиндровое 24	ОСТ 38.0185-75	Vitrea 460
Масло цилиндровое 52	ГОСТ 6411-76	Valvata 1000

МАСЛА ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
М-20$Г_2$	ГОСТ 12337-84	Rotella X 50/ Rimula C 50
М-10$Г_2$цс	ГОСТ 12337-84	Melina 30
М-14$Г_2$цс	ГОСТ 12337-84	Melina 40
М-8ДМ	ГОСТ 8581-78	Rimula D 20W-20
М-10ДМ	ГОСТ 8581-78	Rimula D 30
М-10Д	ТУ 38.101636-76	Gadinia 30
М-10ДК	ТУ 38.101773-79	Rimula D 30
М-10ДЦЛ-20	ГОСТ 12337-84	Argina S 30
М-14ДЦЛ-20	ГОСТ 12337-84	Argina S 40
М-14ДЦЛ-30	ГОСТ 12337-84	Argina T 40
М-16Е30	ГОСТ 12337-84	Argina X 40
М-16Е60	ГОСТ 12337-84	Alexia 50
М-20Е 60	ГОСТ 12337-84	Alexia 50
МГД-14М	ТУ 38.101930-83	Mysella R 40

* Если допустимо применение масел с цинк-содержащими присадками.

МАСЛА ДЛЯ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell	Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
М-4з/6В,	ГОСТ 10541-78	Rimula C 10W-30	М-6з/12$Г_1$	ГОСТ 10541-78	X-100 10W-30
М-8В	ГОСТ 10541-78	Rimula C 20W-20	М-5з/10$Г_1$	ГОСТ 10541-78	X-100 10W-30
М-6з/10В	ГОСТ 10541-78	Rimula C 20W-40	М-4з/14$Г_1$		Helix 10W-40
М-8$Г_1$	ГОСТ 10541-78	Rimula C 20W-20	М-12-ТП	ТУ 38.401-58-28-91	Advance S 2
М-12$Г_1$	ГОСТ 10541-78	Rimula C 30			

МАСЛА ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
36/1 Ку-А	ТУ 38.101384-78	AeroShell Turbine 390, 560
Б-3В	ТУ 38.101295-85	AeroShell Turbine 560
ВНИИ НП 50-1-4ф	ГОСТ 13076-86	AeroShell Turbine 390, 560
ВНИИ НП 50-1-4у	ТУ 38.401-58-12-91	AeroShell Turbine 390, 560
ИПМ-10	ОСТ 38.01294-83 ТУ 38.1011299-90	AeroShell Turbine 390
ЛЗ-240	ТУ 301-04010-92	AeroShell Turbine 560
ЛЗ-240	ТУ 301-04015-91	AeroShell Turbine 560
МК-8	ГОСТ 6457-66	AeroShell Turbine 3
МК-8п	ГОСТ 6457-66	AeroShell Turbine 3 SP
МН-7,5У	ТУ 38 101722-85	AeroShell Turbine 750

МАСЛА ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
МС-8п	ОСТ 38.011163-78	AeroShell Turbine 3 SP
МС-8рк	ТУ 38.1011181-88	AeroShell Turbine 3 SP
МС-14	ГОСТ 21743-76	AeroShell 80, W80
МС-20, МК-22, МС-20С	ГОСТ 21743-76	AeroShell 100, W100

ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
Нигрол*	ТУ 38 101529-75 зимнее летнее	Dentax 90 Dentax 140
ТС-14,5 / ТМ-1-18	ТУ 38.101110-86	Dentax 90
АК-15 / ТМ-1-18	ТУ 38.001280-76	Dentax 90
ТСп-10 (ЭФО) / ТМ-2-9	ТУ 38.101701-77	Dentax 80W
ТЭп-15 / ТМ-2-18	ГОСТ 23652-79	Dentax G 80W-90
ТСп-10 (ОТП) / ТМ-3-9	ГОСТ 23652-79	Spirax GX 80W
ТСП-15К / ТМ-3-18	ГОСТ 23652-79	Dentax G 80W-90
ТАП-15В / ТМ-3-18	ГОСТ 23652-79	Dentax G 80W-90
ТСз-9гип / ТМ-4-9з	ТУ 38.1011238-89	Spirax GSX 75W80
ТСп-14гип / ТМ-4-18	ГОСТ 23652-79	Spirax GX 90
ТС/ТСгип / ТМ-4-34	ТУ 38.1011332-90	Spirax GX 140
ТАД-17 /ТМ-5-12рк	ТУ 38.401247-78 / ТУ 38.101844-80	Spirax A 85W
ТСЗп-8	ТУ 38.1011280-89	Donax TG (Canada)
ТАД-17И / ТМ-5-18	ГОСТ 23652-79	Spirax AX 80W-90

* Масло трансмиссионное для промышленного оборудования

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАСЛА

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
«А»		Donax TM
АУ / МГ-22 А	ГОСТ 1642-75 / ТУ 38.1011232-89	Morlina 22
АУП / МГ-22-Б	ТУ 38.1011258-89	Morlina 22
ВМГЗ / МГ-15-В	ТУ 38.101479-85	Tellus T 15
ГЖД-14С / МГ-15 Б	ТУ 38.101252-79	Morlina 150
ЛЗ-МГ-2 / МГ-5-Б	ТУ 38.101328-73	AeroShell Fluid 3
МГ-30 / МГ-46 Б	ТУ 38.10150-79	Morlina 46
МГЕ-4А / МГ-5-Б	ОСТ 38.01281-82	AeroShell Fluid 3
МГЕ-10А / МГ-15-В	ОСТ 38.01281-82	AeroShell Fluid 41, 4
МГЕ-46В (МГ-30у) / МГ-46-В	ТУ 38.001347-83	Tellus 46
МГТ	ТУ 38.1011103-87	Donax TA
«Р» / МГ-22-В	ТУ 38.1011282-89	Tellus 22
РМ / МГ-7-Б	ГОСТ 15819-85	AeroShell Fluid 41
РМЦ / МГ-10-Б	ГОСТ 15819-85	AeroShell Fluid 41
ЭШ / МГ-32-А	ГОСТ 10363-78	Tellus T 37



ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
1-13	ТУ 38.401-58-142-95	Alvania RL 3
158	ТУ 38.101320-77	Alvania RL 1
АМС-1	ГОСТ 2712-75	Mytilus A
АМС-3	ГОСТ 2712-75	Mytilus B
БНЗ-3	ТУ 38УССР 201357-80	Alvania RL 2
БУ (бензиноупорная)	ГОСТ 7171-78	Aviation Grease S.7108
Вазелин технический волокнистый ВТВ-1	ОСТ 38.0156-79	Otina Compound C, AeroShell Compound 05
Вакуумная	ОСТ 38. 0183-75	Apiezon AP 101
ВНИИНП-207	ГОСТ 19774-74	AeroShell Grease 15A, 22
ВНИИНП-223	ОСТ 38.01404-86	AeroShell Grease 7**, Alvania RL 3
ВНИИНП-228	ГОСТ 12330-77	AeroShell Grease 7**, Alvania RL 3
ВНИИНП-231	ТУ 38.1011220-89	Royco 81 MS
ВНИИНП-232	ГОСТ 14068-79	Aviation Grease S.4768
ВНИИНП-235	ТУ 38.101297-78	AeroShell Grease 15A
ВНИИНП-242	ГОСТ 20421-75	Alvania RL 3, Nerita HV 2
ВНИИНП-246	ГОСТ 18852-73	AeroShell Grease 15A
ВНИИНП-254 (Атланта)	ТУ 38.1011048-85	AeroShell Grease 17
ВНИИНП-261 (Сапфир)	ТУ 38.1011051-87	AeroShell Grease 5
ВНИИНП-271	ТУ 38.101603-76	AeroShell Grease 7
ВНИИНП-286М (Эра)	ТУ 38.101950-83	AeroShell Grease 6, 22
ГОИ-54П	ГОСТ 3276-74	Alvania RL 3
Графитол	ТУ 38УССР201172-77	Albida HDX 2 (с MoS_2), Rhodina EP 2
Е-1 (для пропитки органических сердечников стальных канатов)	ГОСТ 15037-69	Malleus Fluid GL 95
ЖК (кулисная)	ТУ 32ЦТ549-83	Alvania RL 2
ЖР (рельсовая)	ТУ 32ЦТ553-83	Cardura Plus, Cardura WS
ЖРО (железнодорожная)	ТУ 32ЦТ520-83	Alvania RL 3
ЖТ-72 (для автотормозных приборов подвижного железнодорожного состава)	ТУ 38.101345-77	AeroShell Grease 15A
Зимол	ТУ 38УССР201285-82	AeroShell Grease 6, Darina XL 102
ИП-1 (л, з)	ТУ 38.101820-80	Luveda EP 2 (л), Alvania RL 1 (з)
Канатная-39у	ТУ 38УССР201335-80	Malleus Fluid GL 95
Криогель	ТУ 38.101924-82	Royco C-201
ЛЗ-ЦНИИ	ГОСТ 19791-74	Alvania EP 2
ЛЗ-ЦНИИ (у)	ТУ 0254-307-00148820-95	
ЛЗ-31	ГОСТ 24300-80	Alvania RL 2, AeroShell Grease 7**
	ТУ 38.1011144-88	
Лимол	ТУ 38УССР 20164-80	Aviation Grease S.4768



ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ (продолжение)

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
Лита	ТУ 38.101308-90	AeroShell Grease 6
Литол-24	ГОСТ 21150-75	Alvania EP 2, Retinax EP 2
ЛКС-м (металлургическая)	ТУ 38.1011107-87	Albida HDX 2 (MoS_2), Darina R 2
ЛС-1П	ТУ 38УССР 201145-77	Alvania EP 1
ЛСЦ-15	ТУ 38УССР 201224-80	Alvania EP 2, Retinax EP 2
МЗ	ТУ 38.001263-76	AeroShell Grease 6**, Rhodina RL 2
МС-70	ГОСТ 9762-76	AeroShell Grease 6**, Rhodina RL 2
СТ (НК-50)	ОСТ 38.1355-84 (ГОСТ 5573-67)	AeroShell Grease 5
СТП (СТП-Л, СТП-З)	ТУ 38УССР 201232-76	3 - Fett TL-VW 745 WD 989
ОКБ-122-7	ГОСТ 18179-72	AeroShell Grease 6, 22
Пушечная	ГОСТ 19537-83	AeroShell Compound 05
Резьбовая Р-402, Р-416, Р-113	ТУ 38.1011107-87 ТУ 301-04-020-92	High Pressure Modified Thread Compound. Malleus TC
Ротационная ИР	ОСТ 38.137-74	Mytilus A
Свинцоль 01	ТУ 38.101577-76	AeroShell Grease 17
СВЭМ (ВНИИНП-288)	ТУ 38.101982-86	Alvania RL 2, Nerita HV 2
Солидол синтетич.	ГОСТ 4366-76	Rhodina RL 2
Солидол жировой	ГОСТ 1033-79	Rhodina RL 2
Сэда	ТУ 38.101124-89	AeroShell Grease 22, 22C
Торсиол-35	ТУ 38УССР201214-80	Malleus Fluid GL 65
Трансол 200	ТУ 38УССР201352-84	Alvania EP 00
Униол-1	ТУ 38УССР201150-78	Darina R 2
Униол-2	ГОСТ 23510-79	Alvania RL 1, Luveda EP 2
УСсА (графитная)	ГОСТ 3333-80	Прямого аналога нет Rhodina EP 2, Alvania HDX 2 (с MoS_2)
Фиол-1	ТУ 38УССР201247-80	Alvania RL 1
Фиол-2	ТУ 38УССР201188-79	Alvania RL 2
Фиол-2М	ТУ 38.101233-75	Retinax HDX 2
Фиол-2У	ТУ 38УССР201266-79	Retinax HDX 2, LX 2
ЦИАТИМ-201	ГОСТ 6267-74	AeroShell Grease 6, 22
ЦИАТИМ-202	ГОСТ 11110-75	AeroShell Grease 6, 22
ЦИАТИМ-203	ГОСТ 8773-73	AeroShell Grease 6, 22
ЦИАТИМ-205	ГОСТ 8551-74	Petroleum Jelly S.6800, Liplex OMB 2
ЦИАТИМ-208	ГОСТ 16422-79	Alvania GL 00, Alvania LF 00, (Omala 680, Spirax GX 140)
ЦИАТИМ-221	ГОСТ 9433-80	AeroShell Grease 15
ЦИАТИМ-221с	ТУ 38.1011243-89	
Универсальная тугоплавкая УТ / Консталин 1	ГОСТ 1957-73	Alvania RL 3, Albida RL 2
ШРБ-4	ТУ 38УССР201143-77	Retinax HD 2
ШРУС-4, 4М	ТУ 38УССР201312-81	Retinax HDX 2
Юнола	ТУ 38.401-58-124-95	Alvania RL 2, Stamina WR 2

** Для применения при низких (ниже -25 °C) температурах. Если рабочие температуры выше, возможно применение более дешевого аналога.

КОНСЕРВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
ПИНС Мовиль, Мовиль-2	ТУ 38.401-58-175-96	Ensis Fluid K
ПИНС НГ-222А	ТУ 38.401-58-215-98	Ensis Fluid K, Royco 194
ПИНС НГ-216А	ТУ 38.101427-76	Ensis Fluid H
ПИНС НГ-216В	ТУ 38.101427-76	Ensis Fluid F
Кабинор	ТУ 38.401-58-69-93	Ensis Fluid H
Масло К-17	ГОСТ 10877-78	AeroShell Fluid 10
Масло НГ-203Б, А	ГОСТ 12328-77	AeroShell Fluid 10
ВО	ТУ 38.1011315-90	AeroShell Fluid 18
Масло КРМ	ТУ 38.1011315-90	AeroShell Fluid 18
Защитно-водовытесняющий состав УНИСМА-1	ТУ 6-15-1402-83	Ensis Fluid E. Universalspray
Масло РЖ	ТУ 38.1011315-90	AeroShell Fluid 18

ВАКУУМНЫЕ МАСЛА

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
Масло ВМ-1	-	Vacuum Pump / V-9930
Масло ВМ-3	ТУ 38.401-58-3-90	Vitrea 22
Масло ВМ-4	ТУ 38.401-58-3-90	Talpa G 100
Масло ВМ-5	-	Vacuum Pump / V-9930
Масло ВМ-6	ТУ 38.401-58-3-90	Talpa G 68
Масло ВМ-11	ТУ 38.401-58-3-90	Vitrea 22

ПРОЧИЕ ПРОДУКТЫ

Российский продукт	Российский нормативный документ	Продукт Shell
Масло вазелиновое медицинское	ГОСТ 3164-78	Ondina 46
Масло парфюмерное	ГОСТ 4225-76	Ondina 32
Масло теплоноситель АМТ-300	ТУ 38.101537-75	Thermia B
Масло теплоноситель АМТ-300Т	ТУ 38.1011023-85	Thermia B
Жидкость амортизаторная АЖ-12Т	ГОСТ 23008-78	Tellus T 15
Жидкость амортизаторная МГП-10	ОСТ 38.154-74	Tellus T 15
Тормозная жидкость ГТЖ-22М	ТУ 6-01-787-75	Donax B
Тормозная жидкость «Нева»	ТУ 6-01-1163-78	Donax B
Тормозная жидкость «Роса»	ТУ 6-05-221569-84	Donax YB

Мы предполагаем, что эта информация о соответствии/взаимозаменяемости продуктов является достоверной, исходя из имеющихся у нас сведений. Однако компания Shell не несет какой-либо ответственности за

возможные негативные последствия, связанные с применением ее продуктов на основе этого перечня.

Для получения точной рекомендации, пожалуйста, обращайтесь к представителю компании **Shell**.

Shell East Europe Company Ltd.
ЗАО Шелл Нефть
121069. Москва, Трубниковский пер., 30а.
Тел. (095) 258 6900, факс (095) 258 6920.

Представительство Shell East Europe Company Ltd. на Украине
252004, г. Киев, ул. Красноармейская, 9/2, офис 3 «А».
Тел./факс (044) 246 6124

Снятые с производства и замененные масла и смазки Shell

В связи с постоянным обновлением и гармонизацией ассортимента продукции, выпускаемой заводами Shell, возникла необходимость обеспечить ее потребителей информацией о снятых с производства и заменяющих их новых смазочных материалах. Приведенная ниже таблица дает ответы на многие возможные вопросы.

Старый продукт	Новый продукт или заменитель	Старый продукт	Новый продукт или заменитель
	Пластичные смазки		
Albida LX 2	Albida EP 2, Albida HD 2	Ossagol V	Retinax CS 000
Alvania G	Alvania RL	Retinax A	Retinax EP
Alvania GR2+MoS$_2$	Alvania HDX	Retinax AM 2	Retinax HDX 2
Alvania R	Alvania RL	Retinax CD	Retinax HDX 1
Alvania RS	Alvania RLQ	Retinax EPX 2	Retinax HDX 2
Barbatia	Rhodina EP	Retinax G	Retinax CS 2
Calithia EP	Alvania EP	Retinax HDM	Retinax HDX
Calithia EPT	Alvania WR	Retinax MS	Retinax HDX
Calithia HDX	Alvania HDX	Special Getriebefett H	Alvania GL 00
Cardium Compound	Malleus GL	Unedo	Rhodina RL
Livona 3	Rhodina EP 3		
	Смазочно-охлаждающие технологические средства		
	Синтетические		
Metalina GC	Metalina E 601	Metalina GR	Metalina E 202
	Масляные		
Garia V	Garia 201F-10	Garia TC	Garia 404M-10
Garia H	Garia 401F-10	Garia TX	Garia 603S-15
Garia A	Garia 605CM-16		



СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Старый продукт	Новый продукт или заменитель	Старый продукт	Новый продукт или заменитель
Моторные масла			
Rimula CT	Rimula X	Super Plus	Helix
Rotella, Rotella SX	Rimula C	Super 2T	Advance S 2
Rotella X	Rimula C	Super 2T-X	Advance VSX 2
Rotella TX	Rimula D	Sport SX	Advance Racing X
Rotella DD	Rimula DD	Myrina X	Rimula Plus
Myrina TX	Rimula Ultra	Myrina D	Rimula TX
Трансмиссионные масла			
Spirax EP 90	Spirax GX 80W, 80W-90	Spirax HD	Spirax AX
Гидравлические масла			
Tellus C 22, 32, 46, 68, 100	Tellus 22, 32, 46, 68, 100	Tellus R 32, 37, 46, 68	Tellus S 32, 37, 46, 68
Tellus C 5, 150, 220	Morlina 5, 150. 220	Tellus R 5, 10	Morlina 5, 10
Компрессорные масла		**Индустриальные масла**	
Madrela AP	Corena AP	Carnea	Vitrea
Madrela AS	Corena AS	Macoma R	Tonna TX*, Omala*
Corena D, H, HD	Corena P		

* В зависимости от области применения.

Открытое акционерное общество
«Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке нефти» (ОАО «ВНИИНП»)

Адрес: Россия, 111116, Москва, ул. Авиамоторная, д. 6
Телефон: (095) 261-52-02
Телетайп: 112087 Робот
Факс: (095) 261-02-95

Институт осуществляет функции головной научно-исследовательской организации нефтеперерабатывающей отрасли Минтопэнерго России по следующим основным видам деятельности:

- **исследование нефтей** различных месторождений и их смесей;
- совершенствование технологий и оборудования для глубокого обезвоживания и обессоливания нефтей и нефтепродуктов;
- **разработка и внедрение перспективных процессов** нефтепереработки (гидрогенизационной переработки и каталитического крекинга нефтяных дистиллятов и остатков; адсорбционно-каталитической переработки остатков; получения базовых минеральных и синтетических масел), а также **новых нефтепродуктов**, в том числе с улучшенными экологическими характеристиками: бензинов, авиационных керосинов, дизельного и печного топлива и присадок к ним, смазочных масел и присадок к ним, смазок, смазочно-охлаждающих технологических средств и средств защиты от коррозии;
- **разработка и внедрение катализаторов и цеолитов** различного назначения;
- **согласование технологий производства** топлив и смазочных материалов;
- **испытание нефтепродуктов** для их допуска к производству и применению, а также для сертификации;
- **метрологическое обеспечение контроля качества** нефтепродуктов;
- **стандартизация нефтепродуктов**;
- **экономика и ценообразование** в нефтеперерабатывающей промышленности, научно-техническая, экологическая и коммерческая информация в области нефтепереработки.

Институт аккредитован Министерством науки и технологий РФ как научно-исследовательская организация (Свидетельство № 304 от 25.08.98). На базе института функционирует Технический комитет (ТК 31) Госстандарта России по стандартизации нефтепродуктов и аккредитованный Госстандартом России сертификационный испытательный центр «Нефтепродукты» (Лицензия № 22 НХ23 от 18.05.98).

Издательский центр «ТЕХИНФОРМ»
Международной Академии Информатизации
при содействии ведущих специалистов ОАО «ВНИИНП»
со второго полугодия 1999 г.
начинает выпуск межотраслевого журнала-справочника
«Продукты нефтепереработки и нефтехимии»

Имея ярко выраженную практическую направленность, журнал освещает:

- **направления развития и новые технологии** нефтепереработки и нефтехимии;
- **информацию по новым нефтепродуктам** (маслам, топливам, смазочно-охлаждающим жидкостям, пластичным смазкам и др.) **и продуктам нефтехимии** (деэмульгаторам, ингибиторам коррозии, присадкам и пакетам присадок к маслам и топливам), предлагаемым на рынке как отечественными так и зарубежными фирмами; информация содержит сведения по их физическим и эксплуатационным свойствам и областям применения;
- **вопросы рациональной эксплуатации продуктов** с целью повышения срока их службы;
- **новые разработки в области создания экологически безопасных и энергосберегающих нефтепродуктов;**
- **вопросы регенерации и утилизации** нефтепродуктов и продуктов нефтехимии.
- **вопросы стандартизации и сертификации;** большое внимание уделяется освещению новых международных классификаций, спецификаций отдельных компаний, соответствию между отечественными и международными стандартами.

В издании журнала участвуют отечественные и зарубежные компании – основные мировые производители продуктов нефтепереработки и нефтехимии. Анализ и отбор материала производится ведущими специалистами в этой отрасли.

Журнал предназначен для организаций и предприятий, использующих продукты нефтепереработки и нефтехимии, а также занимающихся их разработкой и производством. Он полезен для служб автосервиса, оптовой и розничной торговли.

Периодичность издания – два журнала в полугодие

По вопросам подписки обращаться по тел. (095) 463-12-87.
Телефоны для справок: (095) 477-18-80, 361-46-51

По вопросам приобретения Справочника обращаться по тел./факс: (095) 309-41-83, 365-53-02

а также:

в Москве (наличный расчет, оптом – безналичный расчет) **по тел. : (095) 268-19-44, 463-12-87**

рассылка по почте (безналичный расчет оптом и в розницу) **по тел./факс (095) 463-12-87**

Контактный телефон – 361-46-51 (ОАО «ВНИИНП»

Справочник

ТОПЛИВА, СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ

АССОРТИМЕНТ И ПРИМЕНЕНИЕ

Редактор Т.С. Грачева
Художественное оформление М.М. Занегина

Н/К

Лицензия ЛР № 064985 от 05.02.97

Сдано в набор 05.07.98	Подписано в печать 26.11.98	Формат 60×90 ¹/
Бумага офсетная	Гарнитура Таймс	Печать офсетна
Усл. печ. л. 37,5	Усл. кр.-отт. 38,75	Уч. изд. л. 39,9
Тираж 100	Заказ № 1890	«С»

Издательский центр «Техинформ»

Отпечатано с готовых диапозитивов в ФГУП ордена «Знак Почета» Смоленской областной типографии им. В. И. Смирнова.
214000, г. Смоленск, пр-т им. Ю. Гагарина, 2.
Тел.: 3-01-60; 3-46-20; 3-46-05.

ISBN 5-89551-006-X

